M.A169

ROHDE&SCHWARZ

Beschreibung

RAUSCHGENERATOR SKTU

100.4688.50	(BN 4151/2/50)	50 Ω
100.4688.60	(BN 4151/2/60)	60 Ω
100.4688.70	(BN 4151/2/75)	75 Ω

Rauschzahl	1...33
	1...40
	1...32
Rauschmass	0...15 dB
	0...16 dB
	0...15 dB

1...1000 MHz

ENGLISH MANUAL FOLLOWS FIRST COLOURED DIVIDER

ROHDE&SCHWARZ

Beschreibung

RAUSCHGENERATOR SKTU

100.4688.50	(BN 4151/2/50)	50 Ω
100.4688.60	(BN 4151/2/60)	60 Ω
100.4688.70	(BN 4151/2/75)	75 Ω

Rauschzahl	1...33
	1...40
	1...32
Rauschmass	0...15 dB
	0...16 dB
	0...15 dB

1...1000 MHz

ENGLISH MANUAL FOLLOWS FIRST COLOURED DIVIDER

Inhaltsübersicht

1. Eigenschaften 5

1.1. Allgemeines und Anwendbarkeit 5
1.2. Technische Daten 6
1.3. Definition der Rauschzahl 7

2. Betriebsvorbereitung und Bedienung 9

2.1. Einstellen des Gerätes auf die gegebene Netzspannung . . . 9
2.2. Einstellen des mechanischen Nullpunktes am Instrument . . 9
2.3. Verbindung zwischen SKTU und Empfänger 9
2.4. Einschalten 10
2.5. Bereichumschaltung 11
2.6. Meßaufbau und Meßvorgang 11
2.7. Rauschzahlermittlung bei beliebigem Signal/Rausch-verhältnis 12
2.8. Rauschmessungen an Systemen 13
2.9. Ermittlung der Gesamtrauschzahl aus den Rauschzahlen von Teilvierpolen 15
2.10. Zusammenhang zwischen Rauschzahl und erforderlicher Eingangsspannung 18
2.11. Fehlereinflüsse 20

3. Wartung und Reparatur 24

3.1. Batterie 24
3.2. Lebensdauer der Diode 24
3.3. Nachstellen der Dioden-Emission 25
3.4. Auswechseln der Diode 25
3.5. Schaltungsbeschreibung 25
3.6. Zusammenhang zwischen Rauschzahl und Diodenstrom . . . 27

Bild 1 Zusammenhang zwischen Rauschzahl und Rauschmaß
Bild 2 Empfohlener Meßaufbau
Bild 3 Messen des Rauschabstandes
Bild 4 Rauschzahl bei der Kettenschaltung von Vierpolen
Bild 5 Ermitteln der Rauschzahl
Bild 6 Messen an rauschfreien Vierpolen
Bild 7 Rauschverhalten von Vierpolen
Bild 8 Vorschalten eines ohmschen Dämpfungsgliedes
Bild 9 Zwischenschalten eines Dämpfungsgliedes
Bild 10 Nachschalten eines Dämpfungsgliedes
Bild 11 Ableiten der Rauschzahl
Bild 12 Aufteilen der Signalausgänge
Bild 13 Ermitteln der effektiven Bandbreite
Bild 14 Mittlere Lebensdauer der Röhre 5722
Bild 15 Messen der Rauschzahl einer Röhre

Schaltteilliste

Stromlauf

Schlüsselliste der R&S-Sachnummern

Beiblatt
zur
Beschreibung nach 334.0206 ZV
RAUSCHGENERATOR SKTU
100.4688...

Hinweis:

In den Abschnitten 1.2. "Technische Daten" und 2.3. "Verbindung zwischen SKTU und Empfänger" ist als Anschluß für den Ausgang der "Kurzhubstecker Dezifix B" angegeben.

Dies trifft jedoch nur für die 60-Ω-Ausführung 100.4688.60 zu. Der Ausgang der 50-Ω-Ausführung 100.4688.50 und der 75-Ω-Ausführung 100.4688.70 ist dagegen mit einer N-Buchse ausgerüstet.

R 36553

1. Eigenschaften

1.1. Allgemeines und Anwendbarkeit

Rauschen beruht auf Vorgängen, die ganz zufällig ablaufen und sich aus einer großen Anzahl von nichtperiodischen Einzelvorgängen (Impulsen) zusammensetzen. Weißes Rauschen ist durch ein unendlich dichtes Spektrum gekennzeichnet; jede mögliche Frequenz ist also vorhanden. Die Augenblicksamplituden weichen vom Effektivwert einer einzelnen Spektrallinie - bzw. der Spektrallinien in einem vorgegebenen Frequenzband - ab. Die Zahl der Überschreitungen läßt sich mit Hilfe der Wahrscheinlichkeitsrechnung bestimmen. Für Weißes Rauschen muß der Effektivwert der Spektrallinien in einem unendlich schmalen Frequenzband, unabhängig von der Frequenzlage, konstant sein. Diese Forderung besagt, daß Weißes Rauschen nicht über den gesamt möglichen, sondern nur über einen weiten Frequenzbereich vorhanden sein kann. Es ergäbe sich sonst eine unendlich große Rauschleistung. Rauschen tritt in Vierpolen als Störleistung auf, die mitbestimmend für die Größe der Rauschzahl ist. Diese läßt sich am besten mit einem Generator bestimmen, der im interessierenden Frequenzbereich Weißes Rauschen abgibt. Die Verwendung eines solchen Generators ermöglicht schnelle Messungen ohne zusätzlichen Rechenaufwand und liefert Ergebnisse, die einen Vergleich bezüglich der Empfindlichkeit z.B. unterschiedlicher Empfänger oder Verstärker gestatten.

Für diese Messungen im Frequenzbereich 1...1000 MHz eignet sich besonders der Rauschgenerator SKTU. Seine verfügbare Rauschleistung ist in einem Meßbereich, der für Empfängermessungen völlig ausreicht, kontinuierlich einstellbar. Lieferbar sind drei Ausführungen mit den Innenwiderständen 50 Ω, 60 Ω und 75 Ω.

der durch den rauschenden Vierpol verursacht wird. Man kann daher aufteilen nach

$$F = \frac{G_o P_1 + P_z}{G_o P_1} = 1 + \frac{P_z}{G_o P_1} = 1 + F_z$$

F_z ist die zusätzliche Rauschzahl, die den Anteil des rauschenden Vierpols charakterisiert. F_z wird Null für den rauschfreien Vierpol, für den $F = 1$ wird. Dieser Wert kann nicht unterschritten werden.

Bei der Definition der Rauschzahl ist vorausgesetzt, daß nur im linearen Übertragungsbereich des Vierpols gemessen wird; Nichtlinearitäten würden das Rauschspektrum erheblich verändern und somit zu Fehlmessungen führen.

Oft ist es zweckmäßig, nicht die Rauschzahl anzugeben, sondern deren Logarithmus. Man gelangt dann zum Rauschmaß

$$F_{dB} = 10 \cdot \lg F.$$

Die Umrechnung von Rauschzahl in Rauschmaß und umgekehrt entnehme man Bild 1.

Die Skala des SKTU ist geeicht für die Rauschzahl F und das Rauschmaß F_{dB} des Meßobjekts unter der Voraussetzung $\frac{S_2}{P_2} = 1$.

2. Betriebsvorbereitung und Bedienung

2.1. Einstellen des Gerätes auf die gegebene Netzspannung

Ab Werk ist das Gerät für 220 V Netzspannung eingestellt. Zur Umstellung auf 115, 125 oder 235 V muß man an den Ecken der Frontplatte die Zylinderkopfschrauben lösen, das Gerät aus dem Gehäuse ziehen und auf dem Spannungswähler das mit der gegebenen Netzspannung bezeichnete Kontaktfedernpaar mit einer passenden Feinsicherung überbrücken. Für 235 V ist die für 220 V eingesetzte 0,4-A-Sicherung geeignet. Für 115 und 125 V ist eine 0,8-A-Sicherung (M 0,8 C DIN 41571) einzusetzen.

2.2. Einstellen des mechanischen Nullpunktes am Instrument

Bei ausgeschaltetem Gerät muß der Instrumentzeiger auf dem mechanischen Nullpunkt stehen (Rauschzahl 0). Zur Richtigstellung dient die im Instrumentgehäuse eingelassene Schlitzschraube. Diese Einstellung kann man auch bei eingeschaltetem Gerät vornehmen, wenn der Rauschleistungsregler ganz nach links gedreht ist.

2.3. Verbindung zwischen SKTU und Empfänger

Der Ausgang des SKTU ist mit einem Kurzhubstecker Dezifix B ausgerüstet, der für andere Stecker- oder Buchsensysteme umgerüstet werden kann. Der Umrüstvorgang ist sehr einfach: Man schraubt den Außenleiter des Dezifixsteckers mit dem Schlüssel 019, 1877, 00 undden Innenleiter mit einem 4-mm-Schraubenzieher heraus. Dann kann der Innen- und Außenleiter des jeweils erforderlichen Umrüstsatzes eingeschraubt werden. Zur Zeit stehen folgende Umrüstsätze zur Verfügung:

Gewünschter Anschluß am Gerät	Wellen-widerstand/Ω	Bestell-nummer
Dezifix A	50	018.1915.00
Precifix A	50	018.1980.00
Dezifix B mit Präz.-Mutter	50	018.2486.00
Dezifix B mit Präz.-Mutter	60	018.2586.00
Dezifix B mit Präz.-Mutter	75	018.2592.00
BNC-Buchse	50	017.5730.00
BNC-Stecker	50	017.7832.00
BNC-Buchse	75	017.5846.00
C-Buchse	50	017.5530.00
C-Stecker	50	017.7761.00
HN-Buchse	50	017.5998.00
HN-Stecker	50	017.7978.00
N-Buchse	50	017.5398.00
N-Stecker	50	017.7532.00
N-Buchse	75	017.5446.00
N-Stecker	75	017.7655.00
UHF-Buchse	50	017.5217.00
UHF-Stecker	50	017.7384.00
UHF-Buchse	75	017.5252.00
HF-Buchse 3,5/9,5 DIN 47281	60	017.8580.00
HF-Stecker 3,5/9,5 DIN 47281	60	017.9158.00
HF-Buchse 4,1/9,5	50	017.8516.00
HF-Stecker 4,1/9,5	50	017.9106.00
HF-Buchse 6/16 DIN 47282	60	017.8780.00
HF-Stecker 6/16 DIN 47282	60	017.9306.00
HF-Buchse 7/16	50	017.8739.00
HF-Stecker 7/16	50	017.9258.00
General-Radio-Anschluß 874 B	50	017.9564.00
General-Radio-Anschluß 900	50	017.9706.00
Marconi-Anschluß H4	50	017.9835.00

Wir empfehlen, Dezifixstecker und Umrüstsätze sorgfältig aufzubewahren, da schon geringe mechanische Beschädigungen die elektrischen Eigenschaften verschlechtern können.

2.4. Einschalten

Eingeschaltet wird das Gerät mit dem Netzschalter rechts über der Netzkabeleinführung. Der Netzschalter leuchtet bei intakter Netzsicherung.

Das Gerät ist nach dem Einschalten sofort betriebsbereit. Um die Lebensdauer der Rauschdiode nicht unnötig zu verkürzen, empfiehlt es sich, den Rauschleistungsregler vor und nach dem Messen auf kleinste Rauschleistung zu stellen.

2.5. Bereichumschaltung

Um eine gute Ablesbarkeit der eingestellten Rauschleistung zu gewährleisten, ist der Anzeigebereich des Instruments (mit dem Kippschalter links an der Frontplatte) umschaltbar. Die Gravierung am Schalter gibt den Endwert der dieser Schalterstellung zugeordneten Skala an.

2.6. Meßaufbau und Meßvorgang

Einen empfehlenswerten Meßaufbau zeigt Bild 2. Hiernach wird der Ausgang des SKTU mit dem Eingang des Meßobjektes über ein kurzes Kabel verbunden. Dieses Kabel besitzt den Wellenwiderstand, der dem Nominalwiderstand der Innenwiderstände von Meßobjekt und SKTU entspricht. Die Rauschzahl kann über den linearen Teil eines Meßobjektes gemessen werden. Daher muß die Anzeige an den Ausgang des linearen Teils angeschlossen werden. Zwischen Anzeigeinstrument und Ausgang des Meßobjektes schaltet man eine einstellbare Eichleitung, die an den Innenwiderstand des Meßobjektes und an den Eingangswiderstand des Anzeigeteils angepaßt sein sollte. Sodann überprüft man, ob bei abgedrehtem Rauschgenerator (Anzeige des SKTU auf Null) die Anzeige am Anzeigeinstrument genügend groß ist. Zur Einstellung kann die Eichleitung dienen, die jedoch eine bestimmte Grunddämpfung aufweisen muß (z.B. 6 dB: Vermeidung von Teilerfehlern; keine Änderung der Rauschleistung durch die - verlustbehaftete - Eichleitung). Von dieser Grundeinstellung aus erhöht man die Dämpfung um 3 dB und speist dann durch den SKTU zusätzlich so viel Rauschleistung in den Eingang des Meßobjektes, bis der Rückgang der Anzeige wieder wettgemacht ist. Es muß also am Ende des Meßvorgangs die gleiche Anzeige vorhanden sein, wie sie bei abgedrehtem SKTU vorhanden war. Durch diesen Vorgang wurde die Ausgangsrauschleistung

verdoppelt, also ein Verhältnis von Signalleistung zu Störleistung + 1 hergestellt. Das entspricht der Ermittlung der Rauschzahl (vergleiche hierzu Abschnitt 2.10.). Auf der Skala des SKTU wird dabei die Rauschzahl des Meßobjekts direkt als Verhältniszahl oder als Rauschmaß in dB angezeigt und kann dort abgelesen werden. Diese Meßmethode vermeidet Fehler, die durch eine Instrumentencharakteristik verursacht sein könnten.

Man kann auch eine Anzeigeablesung an einem Anzeigeinstrument ohne Eichleitung durchführen, muß sich aber dabei vergewissern, ob die Erhöhung der Anzeige auch tatsächlich einer Leistungserhöhung von 3 dB entspricht.

2.7. Rauschzahlermittlung bei beliebigem Signal/Rauschverhältnis

Es wird nicht immer möglich sein, mit einer Erhöhung um 3 dB, also einer Leistungsverdopplung, zu arbeiten. Zwar ist die Rauschzahleichung der Skala für dieses Verhältnis definiert, jedoch sind andere Verhältnisse bei der Messung zulässig (vergleiche hierzu Abschnitt 2.10.). Eine einfache Rechnung ergibt dann die tatsächliche Rauschzahl inbezug auf die am SKTU abgelesene. In Tabelle A (Seite 13) sind die Verhältnisse zusammengestellt. Darin bedeuten P_2 die Leistung, die ohne Einspeisung zusätzlicher Rauschleistung vom SKTU her am Ausgang des linearen Teiles des Meßobjektes auftritt. S_2 ist die verstärkte, zusätzlich in den Eingang des Meßobjektes vom SKTU her eingespeiste Leistung. P_{ges} entspricht der Summe aus $P_2 + S_2$. U_{ges} und U_2 sind die zu P_{ges} bzw. P_2 gehörigen Spannungen. F ist die tatsächliche Rauschzahl, F' die am Rauschgenerator SKTU abgelesene. Die eingerahmte Mittelzeile entspricht dem bereits beschriebenen Meßvorgang, demzufolge $S_2 = P_2$ und $P_{ges} = S_2 + P_2 = 2P_2$ sein muß. In diesem Fall entspricht die tatsächliche Rauschzahl der abgelesenen. Für den Fall, daß man die zusätzlich eingespeiste Rauschleistung am Ausgang um mehr als den Grundbetrag erhöht, liegt die tatsächliche Rauschzahl unter der abgelesenen, im umgekehrten Fall über der abgelesenen Rauschzahl.

Tabelle A

$\frac{S_2}{P_2}$	$\frac{P_{ges}}{P_2}$	$\frac{P_{ges}}{P_2}$ in dB	$\frac{U_{ges}}{U_2}$	$\frac{F}{F'}$	$F_{dB} - F'_{dB}$ in dB
0,2	1,2	0,79	1,095	5,0	+6,99
0,4	1,4	1,46	1,18	2,5	+3,98
0,6	1,6	2,04	1,264	1,67	+2,22
0,8	1,8	2,55	1,34	1,25	+0,97
1,0	2,0	3,01	1,41	1,0	0
2,0	3,0	4,77	1,73	0,5	-3,0
3,0	4,0	6,02	2,0	0,33	-4,77
4,0	5,0	6,99	2,24	0,25	-6,02
5,0	6,0	7,78	2,45	0,2	-6,99

2.8. Rauschmessungen an Systemen

Es ist üblich, in kompletten Systemen (AM oder FM) Geräuschabstände zu messen. Diese Meßmethode kann man ebenfalls zur Rauschmessung heranziehen, auch wenn es scheinen könnte, daß im Signalzweig Nichtlinearitäten auftreten. Es kommt hier jedoch darauf an, ob diese Nichtlinearitäten das Signal beeinflussen. Falls das Signal am Ausgang eines Vierpols, in dem Mischvorgänge, Begrenzungen o. ä. auftreten können, der zugehörigen Größe am Eingang linear folgt, so ist die Gesamtübertragungsstrecke für das Signal linear. Unter diesen Voraussetzungen ist auch eine Rauschzahlmessung möglich. Dafür ist es aber erforderlich, daß im System echt der Rauschabstand durch das Eingangsrauschen bedingt wird. Vor allem müssen daher Brummkomponenten und störende Pfeifstellen ausgeschieden sein, bzw. erheblich unter den Pegeln liegen, mit dem das Rauschen auftritt.

Die Rauschzahlmessung für ein solches System sei an Hand der Messung an einem FM-Empfänger erläutert. Im Bild 3a ist die übliche Anordnung zur

Messung des Rauschabstandes skizziert, bei der ein Signalgenerator das Nutzsignal (moduliert für die Nutzspannung, unmoduliert bei der Geräuschspannungsmessung) in den Empfänger einspeist, an dessen NF-Ausgang der Rauschspannungsmesser den Rauschpegel mißt. Das Meßergebnis zeigt Bild 3b. Hier ist über dem HF-Eingangspegel der Nutzpegel und der Geräuschpegel aufgetragen. Das Gebiet A ist der Übergang vom kleinsten Eingangspegel bis zum Begrenzereinsatz, von dem an der Nutzpegel konstant und unabhängig vom HF-Eingangspegel bleibt. Im Gebiet B fällt der Geräuschpegel. Die Erklärung hierzu liefert Bild 3c. Der Träger sei moduliert mit einem Rauschspektrum, das infolge seiner statistischen Verteilung sowohl eine Amplituden- als auch eine Phasenmodulation hervorruft. Den beiden Möglichkeiten kann man ein AM- und ein FM-Rauschen zuordnen. Das FM-Rauschen ergibt sich aus dem Rauschphasenhub. Während im Gebiet A des Bildes 3b sowohl AM- als auch FM-Rauschen auftreten kann, entfällt nach dem Einsatz der Begrenzung das AM-Rauschen. Mit steigender Trägerspannung verkleinert sich der Rauschphasenhub, da die Rauschenergie des Eingangs konstant bleibt. Ein linear mit dem Eingangspegel zunehmender Geräuschabstand ist die Folge. Im Gebiet C treten andere Einflüsse als die des Eingangsrauschens auf, z. B. Erhöhung des auf den Eingang bezogenen Eigenrauschens durch den Einsatz der Regelung. Dadurch entfällt der lineare Zusammenhang zwischen Eingangspegel und Rauschabstand. Im Teilabschnitt B ist die Rauschzahlmessung möglich. Die Meßanordnung zeigt Bild 3d, nach dem der SKTU direkt an den FM-Empfänger angeschlossen ist. Der Signalgenerator koppelt über eine hohe Entkopplung (Vermeidung von Wellenwiderstandsfehlern und gegenseitigen Beeinflussungen) seine Energie in den FM-Empfänger. Die eingekoppelte Energie soll so groß sein, daß die Anzeige im linearen Teil B (Bild 3b) liegt.

Zur Rauschzahlmessung speist man mit dem SKTU zusätzlich so viel Rauschleistung in den Empfängereingang, bis sich die Anzeige am Rauschspannungsmesser um 3 dB erhöht hat. Der SKTU zeigt dann auf seiner Skala die Rauschzahl des Empfängers.

Auch für das Signalrauschen des SKTU gilt, daß seine Anteile, die zur Amplitudenmodulation des Trägers beitragen, entfallen. Da sie jedoch gleich denen des Rauschanteils des Empfängers behandeln werden, ist die Messung richtig, wenn man außerdem beachtet, daß die Verteilung statistisch und damit zu gleichen Anteilen auf AM- und FM-Rauschen entfällt. Daher ist auch eine sinngemäße Meßmethode für AM-Systeme möglich, bei denen der Amplitudengleichrichter die FM-Anteile unterdrückt.

2.9. Ermittlung der Gesamtrauschzahl aus den Rauschzahlen von Teilvierpolen

Die Gesamtrauschzahl mehrerer in Kette geschalteter Vierpole mit den Leistungsverstärkungen G_1, $G_2 \ldots G_n$ errechnet sich nach (vergl. hierzu Bild 4)

$$F_{ges} = F_1 + \frac{F_{z2}}{G_1} + \frac{F_{z3}}{G_1 G_2} + \ldots \frac{F_{zn}}{\prod_{m=1}^{m=n-1} G_m}$$

Auch ein Dämpfungsglied stellt einen Teilvierpol dar. Seine Rauschzahl findet man mit Hilfe von Bild 5.

Das Widerstandsnetzwerk möge stets Z-richtig sein. Dann tritt am Ausgang die Signalleistung um G abgeschwächt auf. Dagegen bleibt die Rauschleistung P_1, da mit dem Generatorinnenwiderstand R_1 auch der Eingangswiderstand in das Netzwerk vom Abschlußwiderstand hergesehen gleich R_1 ist und somit gleiche Rauschleistung abgegeben werden kann.

$$F_w = \frac{\frac{S_1}{P_1}}{\frac{G\,S_1}{P_1}} = \frac{1}{G} .$$

Wäre das Dämpfungsnetzwerk rauschfrei (Bild 6), so muß sich die Rauschzahl 1 ergeben (Bild 7).

$$F_w = \frac{\frac{S_1}{P_1}}{\frac{G\,S_1}{G\,P_1}} = 1.$$

Ein vor einen Empfänger geschaltetes ohmsches Dämpfungsglied (Bild 8) verschlechtert dann dessen Rauschzahl nach:

$$F_{ges} = F_w + \frac{F_2 - 1}{G_1} = \frac{1}{G_1} + \frac{F_2 - 1}{G_1} = \frac{F_2}{G_1}.$$

Ein zwischengeschaltetes Dämpfungsglied (Bild 9) bringt die Gesamtrauschzahl:

$$F_{ges} = F_1 + \frac{F_w - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 G_2} = F_1 + \frac{1}{G_1 G_2} - \frac{1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 G_2} = F_1 + \frac{1}{G_1}\left(\frac{F_3}{G_2} - 1\right).$$

Die nachgeschaltete Dämpfung (Bild 10) erhöht um

$$F_{ges} = F_1 + \frac{F_w - 1}{G_1} = F_1 + \frac{1}{G_1 G_2} - \frac{1}{G_1} = F_1 + \frac{1}{G_1}\left(\frac{1}{G_2} - 1\right).$$

Leitet man diese Rauschzahl nach den Rauschüberlegungen ab, so hat man folgendes zu beachten (Bild 11):
Die Ableitung der Kettenrauschzahl setzt Anpassung der Einzelvierpole voraus. Daher beträgt der Innenwiderstand des Vierpols V_1 von der Ausgangsseite her R_1. Dieser Widerstand gibt an den zunächst rauschfrei gedachten Abschlußwiderstand R_1 die Rauschleistung P_1 ab, die Teil der Zusatzrauschleistung $P_Z = P'_Z + P_1$ ist. Liegt nun zwischen R_1 und dem Ausgang von V_1 ein Dämpfungsglied V_2, so gibt dieses am Ausgang die Rauschleistung P_1 an R_1 ab unabhängig vom Wert der Dämpfung, wenn es am Eingang mit dem (rauschenden) Innenwiderstand abgeschlossen ist. Die restlichen Anteile $G_1 S_1$; $G_1 P_1$ und

$P_Z - P_1$ gelangen um G_2 geschwächt an den Ausgang von V_2. Daraus folgt als Gesamtrauschzahl

$$F_{ges} = \frac{\frac{S_1}{P_1}}{\frac{G_1 G_2 S_1}{G_1 G_2 P_1 + G_2 (P_Z - P_1) + P_1}} = \frac{G_1 G_2 P_1 + G_2 P_Z}{G_1 G_2 P_1} + \frac{P_1 (1 - G_2)}{G_1 G_2 P_1}$$

$$= F_1 + \frac{1}{G_1 G_2} - \frac{1}{G_1} = F_1 + \frac{1}{G_1}\left(\frac{1}{G_2} - 1\right).$$

Bei Parallelschaltung gleicher Vierpole unter Einhaltung der Anpassungsbedingungen wird die Gesamtrauschzahl gleich der Rauschzahl der Einzelvierpole. Den Beweis bringt Bild 7.

Werden dagegen nur die Eingänge parallel geschaltet und alle Ausgänge als selbständige Signalausgänge benutzt, so ergibt sich als Rauschzahl (vergl. Bild 7) bei der Aufteilung in zwei Kanäle

$$F = \frac{S_1}{P_1} \cdot \frac{P_2}{S_2} = \frac{U_s^2}{R_i} \cdot \frac{R_i}{U_R^2} \cdot \frac{\frac{v^2 U_R^2}{2R_a} + \frac{U_z^2}{R_a}}{\frac{v^2 U_s^2}{2R_a}} = \frac{U_s^2}{U_R^2} \cdot \frac{\frac{v^2 U_R^2}{2} + U_z^2}{\frac{v^2 U_s^2}{2}} = 1 + \frac{2U_z^2}{v^2 U_R^2} = 1 + 2F_z$$

$$= F_o + F_z = 2F_o - 1. \qquad (F_o = \text{Rauschzahl des Einzelvierpols})$$

Mehrfachaufteilung bringt ein sinngemäßes Ergebnis. Hierzu als Beispiel eine Aufteilung mit Vorverstärker, wie sie bei Trennverstärkern üblich ist (Bild 12). Dabei ist Voraussetzung, daß die Anpassung gewahrt bleibt bzw., daß die Fehlanpassung keine wesentliche Verfälschung der Einzelrauschzahlen bringt. n ist der Teil der Gesamtleistung, der in den betrachteten nachgeschalteten Teilvierpol fließt.

$$F_{ges} = \frac{G_2 \frac{G_1 P_1 + P_{z1}}{n} + P_{z2}}{\frac{G_1}{n} G_2 P_1} = \frac{G_1 P_1 + P_{z1}}{G_1 P_1} + \frac{n P_{z2}}{G_1 G_2 P_1} = F_1 + n \frac{F_{z2}}{G_1} = F_1 + n \frac{F_2 - 1}{G_1}.$$

2.10. Zusammenhang zwischen Rauschzahl und erforderlicher Eingangsspannung

Die Definition der Rauschzahl läßt offen, auf welche Art die Signalleistung erzeugt wird. Es ist möglich, die Signalleistung durch einen Signalgenerator, der auf einer diskreten Frequenz arbeitet, einzuspeisen und sie mit der Leistung des Rauschspektrums, das infolge der Durchlaß-Bandbreite noch am Ausgang erscheint, zu vergleichen. Für die Berechnung dieser Rauschleistung muß die „effektive" Bandbreite ermittelt werden. Die effektive Bandbreite Δf eines Verstärkersystems (siehe Bild 13) erhält man, indem man das Quadrat der effektiven Ausgangsrauschspannung (das der Leistung proportional ist) über das ganze Rauschspektrum integriert und dieses Integral durch den Maximalwert der Rauschleistung α^2_{max} dividiert:

$$\Delta f = \frac{1}{\alpha^2_{max}} \int_{\omega=0}^{\omega=\infty} [\alpha(\omega)]^2 \, d\omega .$$

Es bedeuten: α = effektive Rauschspannung in Abhängigkeit von der Frequenz;

α_{max} = Maximalwert der effektiven Rauschspannung.

Die Nutzleerlaufspannung U_o, die dem Empfänger angeboten werden muß, um ein Nutz-Störverhältnis = 1 zu erreichen, kann berechnet werden, wenn neben der Rauschzahl F die effektive Rauschbandbreite Δf und der Eingangswiderstand R_e des Empfängers, der gleich dem Quellwiderstand des Senders ist, bekannt sind:

$$U_o = \sqrt{4F \cdot kT_o \cdot \Delta f \cdot R_e}.$$

Beispielsweise benötigt ein Empfänger mit $R_e = 60\ \Omega$, $\Delta f = 10^6$ Hz und $F = 5$ eine Nutzleerlaufspannung

$$U_o = \sqrt{4 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 10^{-21} \cdot 10^6 \cdot 60}\ V = 2{,}2 \cdot 10^{-6}\ V = 2{,}2\ \mu V.$$

Das Nomogramm links oben auf der Frontplatte gestattet das Ablesen der Empfänger-Eingangsspannung in Mikrovolt, die bei gemessener Rauschzahl und vorgegebener Empfängerbandbreite den Störabstand 1 ergibt.

Die umständliche Ermittlung der tatsächlich vorhandenen Bandbreite entfällt, wenn die Signalleistung einer Rauschquelle - Generator, der ein breites Spektrum Weißen Rauschens abgibt - entnommen wird. Das Signal dieser Quelle durchläuft die gleichen Bandbreiten, durch die auch das Rauschspektrum des Eingangs beschnitten wird. Folglich hebt sich der Einfluß der Bandbreiten auf.

Zur Ermittlung der Rauschzahl muß die Größe von P_2 (vergl. Seite 7) gemessen werden, da der Bezugswert mit 1 kT_o als bekannt vorausgesetzt werden kann. Man speist in den Eingang des Vierpols die Leistung ein, die z.B. zu einer Verdoppelung der Rauschleistung am Ausgang führt (Nutz-Störverhältnis = 1). Ist die verfügbare Leistung am Eingang bekannt, so ist sie durch die Bezugsleistung zu dividieren. Das Ergebnis stellt die Rauschzahl F dar. Wird der für die Rauschzahlmessung verwendete Generator in der Einheit kT_o geeicht, so ist seine Anzeige gleich der Rauschzahl F. Selbstverständlich können der Messung auch andere Nutz-Störverhältnisse zu Grunde gelegt werden. Für die Messung sehr großer Rauschzahlen reicht oft die verfügbare Generatorleistung nicht aus. Hier wird man sich mit Verhältnissen < 1 begnügen müssen, auch wenn darunter die Genauigkeit leiden sollte. Die mit anderen Leistungsverhältnissen ermittelte, am Generator abgelesene Rauschzahl F' hängt mit der tatsächlichen Rauschzahl F folgendermaßen zusammen:

$$F = \frac{S_1/P_1}{S_2/P_2} = \frac{S_1/P_1}{\frac{P_{ges} - P_2}{P_2}} = \frac{S_1/P_1}{\frac{P_{ges}}{P_2} - 1} = \frac{F'}{\frac{P_{ges}}{P_2} - 1} = F' \frac{P_2}{S_2};$$

S_1 = Signalleistung am Eingang; $P_{ges} = S_2 + P_2$

S_2 = Signalleistung am Ausgang; F = tatsächliche Rauschzahl

P_1 = Rauschleistung am Eingang; F' = gemessene Rauschzahl

P_2 = Rauschleistung am Ausgang;

Tabelle A (Seite 13) zeig. diesen Zusammenhang.

2.11. Fehlereinflüsse

Zur Vermeidung von Meßfehlern muß man auf folgende Punkte unbedingt achten:

Einstreuungen

Einstreuungen, die sowohl durch Funksignale von Rundfunksendern, aber auch durch Wobbler auftreten können, sind unter allen Umständen zu vermeiden. Sie können sehr leicht in den Empfängerzweig gelangen, der für die Rauschmessung in seiner empfindlichsten Stellung steht. Damit ist es auch möglich, daß relativ kleine Störpegel zu erheblichen Meßverfälschungen führen. Liegt nämlich der Störpegel in der Größenordnung des Rauschpegels, so ist dadurch schon der ursprüngliche bzw. der zu messende Rauschpegel verdoppelt und die Rauschleistung, die man zusätzlich zur Messung der Rauschzahl einspeisen muß, ist ebenfalls um diesen schon verdoppelten Wert zu erhöhen. Das führt dann aber zu einer Rauschzahl, die doppelt so groß ist wie die eigentlich zum Empfänger gehörige.

Absolute Sicherheit gegen Einstreuungen bringt ein abgeschirmter Raum, der aber wohl in den seltensten Fällen zur Verfügung steht. Daher ist die Überprüfung gegenüber Fremdeinstreuung unbedingt erforderlich. Am sinnvollsten erfolgt sie über einen Abhörvorgang am Anzeigegerät bzw. am Empfänger. Ein guter Aufbau setzt die Gefahr von Einstreuungen herab. Vor allem soll das Verbindungskabel zwischen SKTU und Meßobjekt kurz und dicht (Doppelgeflechtkabel) sein.

Dämpfung im Eingang

Jede Dämpfung im Eingang eines Verstärkers - also auch ein dämpfungsbehaftetes Kabel - führt zu einer Rauschzahlanzeige, die höher als die ist, die der eigentliche Verstärker aufweist.

Regelung

Empfänger mit automatischer Regelung müssen besonders behandelt werden. Setzt die Regelung schon im Bereich der Rauschgrenze ein, so würde man b der Rauschzahlmessung einen Fehler machen, da die zusätzlich eingespeiste

Rauschleistung als Signal betrachtet und damit einen Regelvorgang auslösen würde. Die Verstärkung wäre nicht mehr linear und damit die Voraussetzung, im linearen Teil zu messen, nicht mehr gegeben. Am besten setzt man bei der Rauschzahlmessung die Regelung außer Betrieb.

Nichtlinearitäten

Nichtlinearitäten, die sich auf das Signal auswirken, verschieben auf Grund der Mischvorgänge die spektrale Rauschverteilung. Dies führt zu Meßverfälschungen.

Gleichspannungsfreier Eingang

Geräte, die einen gleichspannungsfreien Eingang besitzen, führen nicht zu Meßverfälschungen. Falls diese Voraussetzung nicht gegeben ist, kann die am Ausgang des SKTU auftretende Gleichspannung Fehler verursachen. Das ist durch den Aufbau des Meßgerätes begründet. Die am Ausgang des SKTU auftretende Gleichspannung spielt dann eine Rolle, wenn es sich beim Meßobjekt um ein aktives Gebilde handelt. Bei diesem könnte die Gleichspannung z.B. den Arbeitspunkt des Verstärkerelementes verschieben und damit eine verstimmende Wirkung auf die Meßobjektcharakteristik ausüben. Ein kapazitives Trennstück oder ein Kurzschluß über eine parallel geschaltete Induktivität, die im Meßbereich hochohmig gegenüber dem Wellenwiderstand ist, vermeidet diese Beeinflussung. Diese Vorsichtsmaßnahme ist selten nötig, da die Empfängereingänge oft Abstimmkreise und damit Gleichstromkurzschlüsse enthalten oder Trennkapazitäten, die den Gleichstromweg unterbrechen.

Fehlabschlüsse

Bei der Rauschzahlmessung wird der Ausgang des Rauschgenerators mit dem Eingang des zu prüfenden Vierpols verbunden. Dabei muß der Innenwiderstand des Rauschgenerators mit dem Nominal-Wellenwiderstand des Vierpols übereinstimmen. Die Rauschzahl eines Verstärkers ist im allgemeinen abhängig von der Beschaltung des Eingangs, also auch vom Innenwiderstand des ange-

schlossenen Generators. Daher muß die Messung mit dem Generatorinnenwiderstand erfolgen, an dem das Gerät später betrieben wird, (z.B. Nachbildung des Antennenwiderstandes durch den Innenwiderstand des SKTU für den Fall, daß ein Empfänger mit dem Innenwiderstand R_i an diese Antenne angeschlossen wird).

Ist bei Rauschzahlmessungen der Einfluß des Generatorinnenwiderstandes auf die Rauschzahl vernachlässigbar klein - damit kann man bei vielen Empfängereingangsstufen mit wenig ausgeprägtem Anpassungsgebiet und nicht zu großer Widerstandsabweichung rechnen - so ergibt sich bei einer Abweichung des Innenwiderstandes R_i vom Eingangs- bzw. Abschlußwiderstand R_a ein Anzeigefehler von

$$\frac{P'}{P} = 4 \cdot \frac{R_a R_i}{(R_a + R_i)^2}$$

Bei $R_i = 50\ \Omega$ und $R_a = 60\ \Omega$ folgt daraus ein Fehler < 1 %. In diesem Fall ist die Messung also ohne wesentliche Verfälschung durchführbar.

Da die Rauschdiode einen eingeprägten Strom liefert, ist für die verfügbare Leistung der Innenwiderstand entscheidend. Weicht er vom Sollwert ab, so läßt sich die Leistungsabweichung berechnen nach:

$$\frac{P'}{P} = \left(1 + \overline{r}_i\right)^2$$

P' = tatsächlich verfügbare Rauschleistung;
P = Sollwert der verfügbaren Rauschleistung;
$\overline{r}_i$ = komplexer Reflexionsfaktor des Innenwiderstandes.

Soll z.B. die Rauschleistung auf 1 % genau sein, so darf der Innenwiderstand nicht mehr als 1 % vom Sollwert abweichen.

Anzeigecharakteristik

Bei der Charakteristik des Instrumentes muß überprüft werden, ob die Rauschaussteuerung durch eine Rauschspannungsquelle, hier durch den SKTU, wirklich eine Verdopplung der Rauschleistung, also Anzeigeerhöhung um 3 dB bringt. Das gilt nur für den Normalfall. Auf die abweichenden Erhöhungen ist im Abschnitt 2.7. hingewiesen.

Alle Eichleitungen sollten angepaßt sein. Dies gewährleistet, daß die Teilung der Eichleitung in allen Einstellungen exakt richtig ist. Außerdem wird vermieden, daß sich der Fehlabschluß des Meßobjektes auf den Eingang des Meßobjektes und damit auf die eigentliche Rauschzahlmessung auswirken kann. Diese Gefahr besteht bei Empfängermessungen, bei denen man den Ausgang in den Zwischenfrequenzverstärker verlegt, kaum. Nimmt man jedoch Einzelstufen, insbesondere Transistorverstärkerstufen, so hat der Abschluß ganz erheblichen Einfluß auf den Eingangswiderstand und kann somit zu Meßverfälschungen beitragen.

Spiegelsicherheit

Bei der Rauschzahlmessung hat man zu beachten, daß die am Ausgang des Meßobjekts auftretende Rauschleistung proportional zur Breite des durchgelassenen Frequenzbandes ansteigt. Der Rauschgenerator SKTU liefert ein breitbandiges Spektrum Weißen Rauschens. Ein sinnvoller Meßaufbau muß deshalb die Bandbreite besitzen, die im üblichen Anwendungsfall auftritt. Dies gilt besonders für die Unterdrückung der Spiegelfrequenz. Bei fehlender Unterdrückung der Spiegelfrequenz wird in ihrem Frequenzbereich zusätzliches Rauschen in das Nutzband umgesetzt. Eine Erhöhung der Rauschleistung am Ausgang des Meßobjekts ist die Folge, dies wiederum täuscht eine zu geringe Rauschzahl vor.

Abhilfe schafft das Vorschalten eines Bandpasses, bemessen nach dem Nutzfrequenzband.

3. Wartung und Reparatur

3.1. Batterie

Als Vergleichselement für die Regelschaltung zur Stabilisierung des Heizstroms ist eine Nickel-Cadmium-Knopfzelle eingebaut, die sehr robust ist und während des Betriebes stets geladen wird. Sie ist also immer betriebsbereit und bedarf keiner Wartung.

Wird das Gerät sehr lange Zeit nicht in Betrieb genommen (länger als ein Jahr), dann kann es allerdings vorkommen, daß die Zelle so weit entladen ist, daß ihre Spannung nicht mehr ausreicht. Das äußert sich so, daß trotz ganz aufgedrehtem Regler der Vollausschlag des Instrumentes nicht mehr zu erreichen ist. In diesem Falle genügt ein etwa einstündiger Betrieb des Gerätes bei zugedrehtem Leistungsregler, um die Batterie so weit aufzuladen, daß sie wieder betriebsbereit ist. Wenn auch nach dieser Maßnahme der Vollausschlag nicht erreicht werden kann, so hat die Röhre in ihrer Emission nachgelassen.

3.2. Lebensdauer der Diode

Die von Sylvania angegebene mittlere Lebensdauer der Röhre 5722 in Abhängigkeit von der jeweils eingestellten Heizspannung geht aus Bild 14 hervor. Die Kurve bezieht sich auf eine 40 %ige Verringerung des Heizfadendurchmessers. Im SKTU ist nur der Heizspannungsbereich bis etwa 4,9 V ausgenützt. Es ist also für den Fall, daß stets mit der größten am Instrument ablesbaren Rauschleistung gearbeitet wird, eine Lebensdauer von 300 Stunden zu erwarten. Es empfiehlt sich, den Generator nur so lange auf größte Rauschleistung eingestellt zu lassen, wie es für eine Messung unbedingt erforderlich ist.

3.3. Nachstellen der Dioden-Emission

Ist durch das Nachlassen der Emissionsfähigkeit der Diode bei ganz aufgedrehtem Leistungsregler der Vollausschlag nicht mehr erreichbar, so läßt sich dies bis zu einem gewissen Grad mit dem veränderbaren Widerstand R7 beheben. R7 ist in Reihe mit dem Leistungsregler R4 geschaltet und nur zugänglich, nachdem das Gerät aus dem Kasten genommen ist. Er befindet sich neben dem Spannungswähler. Man geht dabei so vor, daß man den Leistungsregler etwa zu 9/10 aufdreht und dann mit R7 das Instrument auf Vollausschlag bringt. Diese Maßnahme beeinflußt die Eichung des Instrumentes nicht. Ist es nicht möglich, mit R7 das Instrument auf Vollausschlag zu bringen, so ist eine neue Diode erforderlich.

3.4. Auswechseln der Diode

Hierzu muß man zunächst das Gerät aus dem Kasten nehmen, die Schraube des Spannbandes um den Abschirmtopf der Röhre lösen und den Topf abnehmen. Die Röhre ist nun zugänglich und kann ausgewechselt werden. Anschließend sollte der Reflexionsfaktor des HF-Ausganges geprüft werden. Zwei Abgleichschrauben zum wechselseitigen Abgleich des Reflexionsfaktors sind durch Löcher im Abschirmtopf der Röhre zugänglich. Die Eichung des Instrumentes wird durch den Röhrenwechsel nicht beeinträchtigt. Anschließend soll man eine Einstellung des Widerstandes R7 nach Abschnitt 3.3. vornehmen, damit Regelbereich und Drehwinkel des Leistungsreglers übereinstimmen und die Regelkurve weitgehend linear bleibt.

3.5. Schaltungsbeschreibung

Der Rauschgenerator SKTU besitzt zur Erzeugung des kontinuierlichen Frequenzspektrums eine Spezialdiode mit Wolfram-Katode, die im Sättigungsgebiet arbeitet. Die Messung der Rauschzahl ist auf die Erzeugung des Diodengleichstroms zurückgeführt (vergl. Abschnitt 3.6.)

Die Einstellung des Sättigungsstromes und damit der Rauschleistung erfolgt durch Verändern der Diodenheizung. Eine automatische Regelung der Heizung mit Hilfe von Transistoren verhindert, daß Netzspannungsschwankungen in die Messung mit eingehen. Schwankungen der Anodenspannung bleiben ohne

Einfluß, da im Sättigungsgebiet der Diode gearbeitet wird. Zur Stabilisierung der Heizspannung, die der Sekundärseite des Transformators Tr1 entnommen, durch Gl 2 gleichgerichtet und mittels C3 geglättet wird, dient die aus den Transistoren T1-T2-T3, den Widerständen R1-R2-R4-R7 und der Batterie Ba1 bestehende Regeleinrichtung, die auf folgende Weise wirkt:

Der konstant zu haltende Diodenstrom wird vor den Siebketten C5-R5-C8 und C6-L2-C9 abgegriffen, mit dem Spannungsteiler R4-R7 auf den erforderlichen Wert gebracht und der Basis des Transistors T3 zugeführt. Die Emitterspannung ist durch die Spannung der Batterie Ba1 bestimmt und weitgehend konstant. Der Strom durch den Transistor T3 wird von der Spannungsdifferenz zwischen Basis und Emitter bestimmt. Diese ändert sich, wenn sich aus irgendeinem Grund der Anodenstrom ändert. Damit nimmt der Strom durch T3 einen anderen Wert an. Durch den Transistor T2 wird diese Stromänderung verstärkt und gibt der Basis des Transistors T1 eine entsprechende andere Spannung, wodurch der Widerstand von T1 und damit der ihn durchfließende Strom geändert wird. Da T1 in Serie mit dem Heizfaden der Diode liegt und somit vom Heizstrom durchflossen wird, wirkt er, wie ein regelbarer Vorwiderstand, über den Heizstrom einer Änderung des Diodenstromes entgegen.

Zur besonders wirksamen Ausregelung von Netzspannungsschwankungen ist außerdem eine Vorwärtsregelung vorgesehen. Diese besteht darin, daß die an Gl 2 gleichgerichtete Spannung vor der Regeleinrichtung abgegriffen und über R2-R4 ebenfalls der Basis des Transistors T3 zugeführt wird.

Die Einstellung der gewünschten Rauschleistung erfolgt mit dem Potentiometer R4 durch Verändern des Spannungsunterschiedes zwischen Basis und Emitter von T3. Ist die Rauschleistung auf diese Weise eingestellt, so wird sie durch die Regeleinrichtung konstant gehalten.

Die Konstanz der eingestellten Rauschleistung ist vom eingestellten Wert abhängig. Die Änderung beträgt weniger als ±2,5 %, wenn sich die Netzspannung um ±10 % ändert. Sie hat aber keinen Einfluß auf das Meßergebnis, da das Instrument die Abweichung anzeigt.

Da der Sättigungsstrom exponentiell mit der Heizleistung zunimmt, ist als R4 ein Potentiometer mit einer exponentiell fallenden Kennlinie eingebaut. Dadurch und durch geeignete Dimensionierung von R7 ist zwischen dem Drehwinkel von R4 und der Anzeige ein weitgehend linearer Zusammenhang erreicht.

Die Batterie Ba1, welche die konstante Emitterspannung liefert, ist eine Nickel-Kadium-Knopfzelle von 1,2 V. Während des Betriebes, auch wenn der Leistungsregler ganz zugedreht ist, fließt ständig ein geringer Strom durch den Transistor T3 und lädt die Batterie auf. Der Strom ist nicht größer als der für Dauerladung zulässige.

3.6. Zusammenhang zwischen Rauschzahl und Diodenstrom

Der Rauschgenerator SKTU besitzt zur Erzeugung des kontinuierlichen Frequenzspektrums eine Spezialdiode mit Wolfram-Katode, die im Sättigungsgebiet arbeitet. Bei dieser Diode besteht ein fester Zusammenhang zwischen Sättigungs- und Rauschstrom und somit bei gegebenem Innenwiderstand auch mit der verfügbaren Rauschleistung. Der Rauschstrom ist gegeben durch die Beziehung

$$I_R = \sqrt{2e \cdot I_s \cdot \Delta f}$$

mit

$e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Coul;
I_s = Sättigungsstrom der Diode;
Δf = effektive Rauschbandbreite.

Wenn ein Widerstand R_i, der gleich dem Eingangswiderstand R_e des Verbrauchers ist, dieser Diode parallelgeschaltet wird, so erhält man eine Rauschleistung

$$P_R = \left(\frac{I_R}{2}\right)^2 \cdot R_i = e/2 \cdot I_s \cdot \Delta f \cdot R_i.$$

Bezogen auf 1 Hz Bandbreite ergibt sich

$$\frac{P_R}{\Delta f} = e/2 \cdot I_s \cdot R_i.$$

Mit

$$\frac{P_R}{\Delta f} = kT_o \cdot F$$

gelangt man zur Rauschzahl

$$F = \frac{e \cdot I_s \cdot R_i}{2\,kT_o}.$$

Setzt man die Werte für e und kT_o ein, so ergibt sich

$$F = \frac{20 \cdot I_s \cdot R_i}{A \quad \Omega}.$$

Damit ist die Bestimmung der Rauschzahl auf eine einfache Messung des Diodengleichstromes zurückgeführt (vergl. Bild 15).

ROHDE & SCHWARZ
MÜNCHEN

Manual

NOISE GENERATOR SKTU

100.4688.50	(BN 4151/2/50)	50 Ω
100.4688.60	(BN 4151/2/60)	60 Ω
100.4688.70	(BN 4151/2/75)	75 Ω

NOISE FIGURE 0 to 15 dB
0 to 16 dB
0 to 15 dB

1 to 1000 MHz

R 34467 Bl. 1

Table of Contents

1. Characteristics 5

1.1 General and Uses 5

1.2 Specifications 6

1.3 Definition of the Noise Figure 7

2. Preparation for Use and Operating Instructions . . . 9

2.1 Adjusting the Set to the Local Supply Voltage 9

2.2 Setting the Mechanical Zero on the Meter 9

2.3 Cable Connection between Type SKTU and Receiver . . . 9

2.4 Switching On 10

2.5 Range Selection 11

2.6 Test Setup and Measuring Procedure 11

2.7 Determining the Noise Figure at any Desired Signal-to-noise Ratio 12

2.8 Noise Measurements on Systems 13

2.9 Determination of the Total Noise Figure from the Noise Figures of Four-terminal Sections 14

2.10 Correlation of the Noise Figure and the Required Input Voltage 18

2.11 Errors 21

3. Maintenance and Repair 25

3.1 Battery 25

3.2 Life Expectancy of the Diode 25

3.3 Adjusting the Diode Emission 25

3.4 Replacing the diode 26
3.5 Circuit Description 26
3.6 Correlation of Noise figure and diode current 28

Figs. 1 to 15
Parts lists
Circuit diagram
Code list
Translation for code list
Translation for circuit diagram
Translation for parts lists

Supplement
to
Manual acc. to 334.0206 ZV
NOISE GENERATOR SKTU
100.4688...

NOTE:

In sections 1.2 "Specifications" and 2.3 " Cable Connection between Type SKTU and Receiver" Dezifix B is specified for the output connector.

This applies, however, only to the 60-Ω model 100.4688.60. The output of the 50-Ω model 100.4688.50 and the 75-Ω model 100.4688.70 is fitted with an N socket.

R 36554

1. Characteristics

1.1 General and Uses

Noise is caused by random phenomena which consist of a large number of non-periodic single events (pulses). White noise is characterized by an infinitely dense spectrum; hence, every possible frequency is present. The instantaneous amplitudes deviate from the average value for a single spectral line or for spectral lines in a given frequency band. The number of deviations may be determined with the aid of probability theory. For white noise, the average values for the spectral lines must be constant in an infinitely narrow frequency band, independent of the frequency. This requirement proves that white noise cannot be present over the entire frequency range but only over a wide frequency range or the noise power would become infinite. Noise in four-terminal networks is an unwanted power which is calculated to obtain the noise figure. It is best determined by means of a generator which supplies white noise in the frequency range of interest. The use of such a generator makes for rapid measurements without the need for additional calculations, the test results permitting sensitivity comparisons on different receivers, amplifiers etc.

The Noise Generator Type SKTU is ideal for this type of measurement in the frequency range 1 to 1000 MHz. The noise power of the SKTU, which can be continuously adjusted, is ample for receiver measurements. The SKTU comes in three models with 50, 60 and 75 Ω output impedance.

1.2 Specifications

	100.4688.50	100.4688.60	100.4688.70
Frequency range	1 to 1000 MHz		
Output impedance	50 Ω	60 Ω	75 Ω
VSWR	< 1.1	< 1.1	< 1.1
Noise power	continuously adjustable		
Maximum variation of the noise power at ±10% AC supply voltage fluctuation (the accuracy of the measurement remains unaffected)	≤ ±2.5%	≤ ±2.5%	≤ ±2.5%
Noise-figure ranges	1 to 6.5 1 to 33	1 to 8 1 to 40	1 to 6.4 1 to 32
	corresponding to		
	0 to 8 dB 0 to 15 dB	0 to 9 dB 0 to 16 dB	0 to 8 dB 0 to 15 dB
Error of indication			
in the frequency range up to 300 MHz	≤ ±0.5 dB	≤ ±0.5 dB	≤ ±0.5 dB
in the frequency range above 300 MHz	≤ ±1 dB	≤ ±1 dB	≤ ±1 dB
Output	R&S connector Dezifix B, adaptable (tubular base) see 2.3.		
AC supply	115/125/220/235 V, 47 to 63 Hz (25 VA)		
Active components	3 transistors, 1 valve		
Dimensions	470 x 195 x 260 mm (R&S Standard Cabinet 45)		
Weight	9 kg		
Order designation	Noise Generator Type SKTU		
Output impedance 50 Ω	100.4688.50		
" " 60 Ω	100.4688.60		
" " 75 Ω	100.4688.70		

1.3 Definition of the Noise Figure

The noise figure F is the ratio of the signal-to-noise power ratio at the input to that at the output of a four-terminal network.

$$F = \frac{S_1/P_1}{S_2/P_2} = \frac{P_2}{G_o P_1}$$

where

S_1	signal power at the input
$S_2 = S_1 G_o$	signal power at the output
P_1	noise power at the input
P_2	noise power at the output
G_o	power gain

The noise figure is therefore by definition a non-dimensional quantity.

$P_1 = kT_o\Delta f$ is the noise power due to the source impedance under the assumption that the temperature of the generator source is equal to the standard noise temperature T_o.

Then

$$F = \frac{P_2}{kT_o \Delta f G_o}$$

where

P_2	output noise power in W
k	Boltzmann's constant
T_o	standard noise temperature ($\approx$ absolute room temperature)
Δf	effective noise bandwidth in Hz
G_o	power gain
kT_o	4×10^{-21} Wsec.

According to this definition, the total noise power at the output is referred to the amplified reference power of 1 $kT_o\Delta f$. The output noise power P_2 is composed of this amplified reference power and

the component produced by the noisy four-terminal network. Thus the noise figure can be split up:

$$F = \frac{G_o P_1 + P_z}{G_o P_1} = 1 + \frac{P_z}{G_o P_1} = 1 + F_z$$

where F_z represents the contribution of the noisy four-terminal network. F_z is 0 for a noiseless four-terminal network, hence $F = 1$. Lower values are not possible.

The definition of the noise figure is based on the assumption that only the linear transmission range of the four-terminal network is used in the measurement. Non-linearity would seriously alter the noise spectrum and thus lead to measurement errors.

Often it is preferable to specify the noise figure in dB.

Noise figure in dB:

$$F_{dB} = 10 \log. F.$$

For conversion of the noise figure from F to F_{dB} and vice versa, see Fig. 1.

The SKTU scale is calibrated for F and F_{dB} under the assumption $\frac{S_2}{P_2} = 1$.

2. Preparation for Use and Operating Instructions

2.1 Adjusting the Set to the Local Supply Voltage

Type SKTU is factory-adjusted for operation from a 220-V AC supply. To adjust it for operation from 115, 125 or 235 V, unscrew the cheese-head screws at the corners of the front panel, withdraw the chassis from its cabinet and insert a suitable microfuse into the pairs of clips on the tapping panel marked with the given supply voltage. The 0.4-amp fuse provided for 220 V will also do for 235 V. If the local power supply is 115 or 125 V, insert a 0.8-amp fuse (M 0,8 C DIN 41571).

2.2 Setting the Mechanical Zero on the Meter

With the set switched off, the pointer should be on the mechanical zero (noise figure = 0). The slotted screw recessed in the meter housing serves to correct the pointer position, if necessary. This is also possible with the set switched on provided the noise power control is turned fully counterclockwise.

2.3 Cable Connection between Type SKTU and Receiver

The output of the Type SKTU is fitted with an R&S connector Dezifix B which is adaptable to other connector systems. The adaptation procedure is very simple: Unscrew the outer conductor of the Dezifix connector using the wrench 019.1877.00 and remove the inner conductor with the aid of a 4-mm screwdriver. Insert the inner and the outer conductors of the required screw-in assembly. The following screw-in assemblies are available:

Desired connector on the instrument	Characteristic impedance (Ω)	Order No.
Dezifix A	50	018.1915.00
Precifix A	50	018.1980.00
Dezifix B with precision nut	50	018.2486.00
Dezifix B with precision nut	60	018.2586.00
Dezifix B with precision nut	75	018.2592.00
BNC Socket	50	017.5730.00
BNC Plug	50	017.7832.00
BNC Socket	75	017.5046.00
C Socket	50	017.5530.00
C Plug	50	017.7751.00
HN Socket	50	017.5998.00
HN Plug	50	017.7978.00
N Socket	50	017.5398.00
N Plug	50	017.7532.00
N Socket	75	017.5446.00
N Plug	75	017.7655.00
UHF Socket (small single contact)	50	017.5217.00
UHF Plug (small single contact)	50	017.7394.00
UHF Socket (small single contact)	75	017.5252.00
RF Socket 3.5/9.5 DIN 47281	60	017.8580.00
RF Plug 3.5/9.5 DIN 47281	60	017.9158.00
RF Socket 4.1/9.5	50	017.8516.00
RF Plug 4.1/9.5	50	017.9106.00
RF Socket 6/16 DIN 47282	60	017.8780.00
RF Plug 6/16 DIN 47282	60	017.9306.00
RF Socket 7/16	50	017.8739.00
RF Plug 7/16	50	017.9258.00
General Radio Connector 874 B	50	017.9554.00
General Radio Connector 900	50	017.9706.00
Marconi Connector H4	50	017.9835.00

Great care should be taken when storing Dezifix connectors and screw-in assemblies since even slight mechanical damage may affect their electrical characteristics.

2.4 Switching On

The SKTU is switched on with the power switch on the right above the AC supply input. The switch lights up when the AC fuse is intact.

The set is ready for operation immediately after switching on. For maximum li of the noise diode, turn the noise power control to minimum output when not measuring.

2.5 Range Selection

To ensure good readability of the noise output adjusted, two different meter ranges can be selected with a toggle switch on the left-hand side of the front panel. The switch labelling refers to the associated full-scale deflection.

2.6 Test Setup and Measuring Procedure

A suitable test setup is shown in Fig. 2. The output of the SKTU is connected to the input of the test item with a short cable. The characteristic impedance of this cable corresponds to the output impedance of the test item and the SKTU. Noise figures can be measured within the linear transmission range of the test item. The meter must, therefore, be connected after the linear section. The adjustable attenuator connected between the meter and the output of the test item should be matched to the output impedance of the test item and the input impedance of the meter. Now check that the deflection on the meter is large enough when the noise power control is switched off (meter of the SKTU on 0). A standard attenuator, which inevitably exhibits a certain residual attenuation, may be used for the adjustment. Increase the attenuation by 3 dB and then feed enough noise power from the SKTU to the input of the test item until the same deflection is obtained as before. The output noise power is doubled, i.e. the signal power equals the noise power of the test item. This corresponds to the determination of the noise figure of the test item (cf. section 2.10) which can be read directly as a ratio or in dB on the meter of the SKTU. This measuring method avoids errors which might be introduced by a non-linear meter characteristic.

It is also possible to obtain a reading on a meter without the use of an attenuator. In this case, however, it is necessary to make sure that the deflection change actually corresponds to a power increase of 3 dB.

2.7. Determining the Noise Figure at any Desired Signal-to-noise Ratio

It will not always be possible to use an increase of 3 dB, i.e. double the power. Even though the noise figure calibration of the scale is defined for this ratio, other ratios are permissible for the measurement (of. section 2.10). The actual noise figure is then found by a simple calculation from the noise figure indicated on the SKTU. The ratios are compiled in Table A where P_2 is the power which is present at the output of the linear section of the test item, without additional noise power being fed in from the SKTU; S_2 is the amplified power resulting from the additional noise fed into the input of the test item from the SKTU; P_{tot} corresponds to the sum of $P_2 + S_2$. U_{tot} and U_2 are the voltages pertaining to P_{tot} and P_2, respectively. F is the actual noise figure, F' is the noise figure read off the Noise Generator SKTU. The frame in the centre of the table refers to the measuring procedure described, in which S_2 must equal P_2 and P_{tot} must equal $S_2 + P_2 = 2P_2$. In this case, the actual noise figure corresponds to the indicated noise figure. If the additionally applied noise power is increased so that the basic value at the output is exceeded, the actual noise figure is below the value indicated and vice versa.

Table A

$\frac{S_2}{P_2}$	$\frac{P_{tot}}{P_2}$	$\frac{P_{tot}}{P_2}$ in dB	$\frac{U_{tot}}{U_2}$	$\frac{F}{F'}$	$F_{dB} - F'_{dB}$ in dB
0.2	1.2	0.79	1.095	5.0	+6.99
0.4	1.4	1.46	1.18	2.5	+3.98
0.6	1.6	2.04	1.264	1.67	+2.22
0.8	1.8	2.55	1.34	1.25	+0.97
1.0	2.0	3.01	1.41	1.0	0
2.0	3.0	4.77	1.73	0.5	-3.0
3.0	4.0	6.02	2.0	0.33	-4.77
4.0	5.0	6.99	2.24	0.25	-6.02
5.0	6.0	7.78	2.45	0.2	-6.99

2.8 Noise Measurements on Systems

Usually, signal-to-noise ratios are measured on complete systems (AM or FM). This measuring method may also be employed for noise measurements even though non-linearities are likely to occur in the signal channel. It depends, however, whether these non-linearities affect the signal or not. If the signal at the output of a four-terminal network (in which mixing, limiting etc. occur) is a linear function of the input signal, the totel transmission path of the signal is linear and it is possible to carry out noise-figure measurements. It is, however, necessary that the signal-to-noise ratio in the system is in fact based on the input noise. For this reason, it is imperative that hum components and interfering heterodynes are eliminated or considerably reduced below the level of the noise.

The measurement of the noise figure of such a system is illustrated by a measurement on an FM receiver. Fig. 3a shows a common test setup for measuring the signal-to-noise ratio. A signal generator is used to feed the useful signal (modulated for the signal-voltage, unmodulated for the noise-voltage measurement) to the receiver. The noise voltmeter connected to the AF output of the receiver measures the noise level. The test result is shown in Fig. 3b. The signal level and the noise level are plotted vs. the RF input level. In region A, the transition from the minimum input level to the initiation of the limiter action, takes place, beyond which the signal level remains constant, independent of the RF input level. The noise level falls off in region B. This is shown in Fig. 3c. The carrier is assumed to be modulated with a noise spectrum which, on account of its statistical distribution, causes amplitude and phase modulation represented by AM and FM noise in the AF section. The FM noise comes from the noise phase deviations. While AM and FM noise occurs in region A of Fig. 3b, there is no AM noise beyond the initiation of the limiter action. The noise phase deviation decreases as the carrier voltage increases since the noise power at the input remains constant. A signal-to-noise ratio increasing linearly with the input level results. In region C, effects other

than those of the input noise occur, for instance, increase of the inherent noise referred to the input by the initiation of the gain-control action. There is no longer a linear relation between input level and signal-to-noise ratio. In region B, it is possible to measure the noise figure. A suitable test setup is shown in Fig. 3d in which Type SKTU is connected directly to the FM receiver. Satisfactory decoupling to avoid mismatch and interaction is provided when feeding in the signal generator signal to the FM receiver. The fed-in power must be large enough to ensure that an indication in the linear region B (Fig. 3b) is obtained.

For noise figure measurements, an additional noise power is fed to the receiver input from the SKTU to raise the indication on the noise voltmeter by 3 dB. The noise figure of the receiver can then be read on the scale of the SKTU.

This method is still valid, even though the AM component of the noise from the SKTU has been eliminated by the limiter, because the AM noise of the receiver is rejected also. Furthermore, the noise distribution is statistical and so in fact, equal parts of the AM and FM noise occur. From this it can be seen that an analagous method can be employed for AM systems where the AM detector eliminates the FM noise.

2.9 Determination of the Total Noise Figure from the Noise Figures of Four-terminal Sections

The total noise figure of several series-connected four-terminal networks with a power gain of G_1, G_2 to G_m is given by (cf. Fig. 4)

$$F_{tot} = F_1 + \frac{F_{z2}}{G_1} + \frac{F_{z3}}{G_1 G_2} + \cdots \frac{F_{zn}}{\prod_{m=1}^{m=n-1} G_m}$$

An attenuator pad is also a four-terminal network and its noise figure can be found with the aid of Fig. 5.

The resistance network should always be matched. The signal power available at the output is then attenuated by G. The noise power P_1, which depends on R_1, remains unchanged, however, as the generator output resistance and the input resistance of the network, observed from the terminating resistor, are both R_1.

$$F_w = \frac{\frac{S_1}{P_1}}{\frac{G\,S_1}{P_1}} = \frac{1}{G} .$$

If the attenuation network is noise-free (Fig. 6) the noise figure is 1 (Fig. 7).

$$F_w = \frac{\frac{S_1}{P_1}}{\frac{G\,S_1}{G\,P_1}} = 1.$$

If a resistive attenuator pad is connected to the input of a receiver (Fig. 8) the noise figure worsens according to:

$$F_{tot} = F_w + \frac{F_2-1}{G_1} = \frac{1}{G_1} + \frac{F_2-1}{G_1} = \frac{F_2}{G_1} .$$

If an attenuator pad is interconnected (Fig. 9) the total noise figure

$$F_{tot} = F_1 + \frac{F_w-1}{G_1} + \frac{F_3-1}{G_1G_2} = F_1 + \frac{1}{G_1G_2} - \frac{1}{G_1} + \frac{F_3-1}{G_1G_2} = F_1 + \frac{1}{G_1}\left(\frac{F_3}{G_2} - 1\right)$$

If an attenuator pad is connected to the output of a system (Fig. 10) noise figure increases according to:

$$F_{tot} = F_1 + \frac{F_w - 1}{G_1} = F_1 + \frac{1}{G_1 G_2} - \frac{1}{G_1} = F_1 + \frac{1}{G_1}\left(\frac{1}{G_2} - 1\right) .$$

If this noise figure is derived using signal-to-noise ratios the following should be borne in mind (Fig. 11):

The four-terminal networks must be matched. The output impedance of the four-terminal network V_1, therefore, is R_1. This resistor delivers the noise power P_1, which is part of the additional noise power $P_Z = P'_Z + P_1$, to the terminating resistor R_1. The attenuator pad V_2, connected between $R_i = R_1$ and the output of V_1, delivers the output noise power (P_1) to R_1, independent of the attenuation if the attenuator pad input is terminated by the (noisy) output impedance. The other components $G_1 S_1$; $G_1 P_1$ and $P_Z - P_1$ which are available at the output of V_2 are attenuated by G_2. Hence the total noise figure becomes:

$$F_{tot} = \frac{\frac{S_1}{P_1}}{\frac{G_1 G_2 S_1}{G_1 G_2 P_1 + G_2 (P_Z - P_1) + P_1}} = \frac{G_1 G_2 P_1 + G_2 P_Z}{G_1 G_2 P_1} + \frac{P_1 (1 - G_2)}{G_1 G_2 P_1}$$

$$= F_1 + \frac{1}{G_1 G_2} - \frac{1}{G_1} = F_1 + \frac{1}{G_1}\left(\frac{1}{G_2} - 1\right) .$$

If identical four-terminal networks are connected in parallel under matched conditions the total noise figure depends on the noise figure of the individual networks. This is demonstrated in Fig. 7.

If, however, only the inputs are connected in parallel and the outputs are used as independent channels the following noise figure (see Fig. 7) is obtained (two channels):

$$F = \frac{S_1}{P_1} \times \frac{P_2}{S_2} = \frac{U_s^2}{R_i} \times \frac{R_i}{U_R^2} \times \frac{\frac{v^2U_R^2}{2R_a} + \frac{U_z^2}{R_a}}{\frac{v^2U_s^2}{2R_a}} = \frac{U_s^2}{U_R^2} \times \frac{\frac{v^2U_R^2}{2} + U_z^2}{\frac{v^2U_s^2}{2}} = 1 + \frac{2U_z^2}{v^2U_R^2} = 1 + 2F_z$$

$$= F_o + F_z = 2F_o - 1. \qquad (F_o = \text{noise figure of the individual four-terminal network})$$

For more channels an analagous result is obtained. In the following example a preamplifier is used for channel splitting as in multi-couplers (Fig. 12). It is necessary that the matched conditions are maintained or that mismatch does not noticeably falsify the noise figures of the four-terminal networks. n is the portion of the total power that flows into the series-connected four-terminal network under consideration.

$$F_{tot} = \frac{G_2\frac{G_1P_1 + P_{z1}}{n} + P_{z2}}{\frac{G_1}{n}G_2P_1} = \frac{G_1P_1 + P_{z1}}{G_1P_1} + \frac{n\,P_{z2}}{G_1G_2P_1} = F_1 + n\frac{F_{z2}}{G_1} = F_1 + n\frac{F_2 - 1}{G_1}$$

2.10 Correlation of the Noise Figure and the Required Input Voltage

The definition of noise figure makes no assumptions about how the signal power is produced. It is possible to derive the signal from a signal generator operating at a discrete frequency and to compare the applied signal power with the power of the noise spectrum still present at the output because of the response pass band. For the calculation of this noise power the "effective" bandwidth must be known. The effective bandwidth Δf of an amplifier system (see Fig. 13) is found by integrating the squared effective output noise voltage, which is proportional to the power over the entire noise spectrum, and dividing this integral by the maximum noise power α^2_{max}:

$$\Delta f = \frac{1}{\alpha_{max}^2} \int_{\omega = 0}^{\omega = \infty} [\alpha(\omega)]^2 \, d\omega.$$

where α = effective noise voltage depending on the frequency

α_{max} = maximum effective noise voltage

The open-circuit signal voltage U_o which must be applied to the receiver in order to obtain a signal-to-noise ratio of 1 can be determined if, in addition to the noise figure F, the effective noise bandwidth Δf and the input impedance of the receiver R_e, equal to the source impedance of the generator, are known:

$$U_o = \sqrt{4F \times kT_o \times f \times R_e}.$$

For example, a receiver with $R_e = 60\ \Omega$, $\Delta f = 10^6$ Hz and $F = 5$ requires an open-circuit signal voltage

$$U_o = \sqrt{4 \times 5 \times 4 \times 10^{-21} \times 10^6 \times 60}\ V = 2.2 \times 20^{-6}\ V = 2.2\ \mu V.$$

The nomogram provided in the upper left-hand corner of the front panel permits the receiver input voltage to be read in μV so obtaining the signal-to-noise ratio 1 at the measured noise figure and given receiver bandwidth.

The cumbersome determination of the actual bandwidth is avoided if the signal power is derived from a noise source that supplies a wide spectrum of white noise. The signal from this source covers the bandwidths by which the noise spectrum of the input is limited and so their significance is eliminated.

To determine the noise figure, only P_2 (cf. page 7) need be measured since the reference value kT_o is a known quantity. Apply a power which, for example, causes the noise power at the output to be doubled (signal-to-noise ratio = 1) to the input of the four-terminal network. If the power available at the input is known divide it by reference power and the result obtained is the noise figure F. If the generator used for the measurement of the noise figure is calibrated in kT_o, it gives a direct reading of the noise figure F. The measurement may, of course, also be based on other signal-to-noise ratios. For measuring very high noise figures the available generator power is often insufficient and ratios of < 1 will have to do even though the accuracy may be affected. The noise figure F' determined with other power ratios and read off the generator is related with the actual noise figure F as follows:

$$F = \frac{S_1/P_1}{S_2/P_2} = \frac{S_1/P_1}{\frac{P_{tot} - P_2}{P_2}} = \frac{S_1/P_1}{\frac{P_{tot}}{P_2} - 1} = \frac{F'}{\frac{P_{tot}}{P_2} - 1} = F' \frac{P_2}{S_2};$$

where S_1 = signal power at the input; $P_{tot} = S_2 + P_2$
S_2 = signal power at the output; F = actual noise figure
P_1 = noise power at the input; F' = measured noise figure
P_2 = noise power at the output;

This relationship is shown in Table A (page 12).

The diode current which is to be kept constant is tapped ahead of the filter networks C5-R5-C8 and C6-L2-C9, adjusted to the required value with the voltage divider R4-T7 and applied to the base of the transistor T3. The emitter voltage is determined by the voltage of the battery Ba1 and for all practical purposes is constant. The current through transistor T3 is determined by the voltage difference between base and emitter and so it fluctuates in sympathy with the diode anode current changes. Transistor T2 amplifies this further and feeds a corresponding bias voltage to the base of transistor T1 causing the current through T1 to change. Since T1 is connected in series with the filament of the diode it acts like a variable resistor compensating change in the diode current via the heater current.

Moreover, regulation is provided for levelling out AC supply voltage fluctuations. For this the voltage rectified at G1 2 is tapped ahead of the regulator circuit and applied to the base of the transistor T3 via R2-R4.

The desired noise power is selected with the potentiometer R4 by varying the voltage difference between base and emitter of T3. The adjusted noise power is then kept constant by the regulator circuit.

The stability of the adjusted noise power depends on the value adjusted. The change amounts to less than $\pm$2.5% when the AC supply voltage changes by $\pm$10%. It does not, however, enter into the test result as the meter indicates correctly.

Since the saturation current increases exponentially with the heater power, a potentiometer R4 with an exponentially falling characteristic, has been used. This together with the suitable choice of R7 ensures that the relation between the angle of rotation of R4 and the indication is linear.

The battery Ba1 which supplies the constant emitter voltage is a nickel-cadmium button-size cell of 1.2 V. During operation, even if the power control is turned fully clockwise, a small current flows through the transistor T3 and charges the battery.

3.6 Correlation of Noise Figure and Diode Current

The Noise Generator Type SKTU contains a special diode with a tungsten filament, which operates in the saturation state, for the generation of the continuous frequency spectrum. There is a defined relationship between the saturation and the noise current of this diode and, as a result, if the source impedance is known, also with the available noise power. The noise current is given by the relation

$$I_R = \sqrt{2e \times I_s \times \Delta f}$$

where $e = 1.6 \times 10^{-19}$ Coulomb;
I_s = saturation current of the diode;
Δf = effective noise bandwidth.

If an impedance R_i which is equal to the input impedance R_e of the load is connected in parallel with this diode the noise power obtained is

$$P_R = \left(\frac{I_R}{2}\right)^2 \times R_i = e/2 \times I_s \times \Delta f \times R_i .$$

Hence, referred to a bandwidth of 1 Hz

$$\frac{P_R}{\Delta f} = e/2 \times I_s \times R_i .$$

If

$$\frac{P_R}{\Delta f} = kT_o \times F$$

the noise figure becomes

$$F = \frac{e \times I_s \times R_i}{2\ kT_o} .$$

If the values for e and kT_o are inserted

$$F = \frac{20 \times I_s \times R_i}{\frac{A}{} \quad \Omega} .$$

In this way, the determination of the noise figure is reduced to a simple measurement of the diode current (cf. Fig. 15).

3. Maintenance and Repair

3.1 Battery

A built-in nickel-cadmium cell, which is extremely robust and constantly charged during operation, serves as a comparison element for the regulation of the heater current. It is always ready for operation and does not require any maintenance.

If, however, the noise generator is not used for a prolonged period of time (longer than a year) it is possible that the cell has discharged to the point where the voltage is insufficient. This becomes evident when the control is turned fully clockwise and the meter no longer gives full-scale deflection. If this is the case, the noise generator must be operated for approximately one hour with the noise power control turned off to recharge the battery ready for operation. If full-scale deflection is still not obtained the emission of the valve has deteriorated.

3.2 Life Expectancy of the Diode

The average life expectancy of the valve 5722, stated by Sylvania, is plotted vs. the heater voltage in Fig. 14. The curve refers to a 40% reduction of the filament diameter. The SKTU utilizes the heater voltage range up to only approximately 4.9 V. The life expectancy is, therefore, 300 hours for permanent operation at maximum noise power indicated on the meter. It is advisable to operate the noise generator at maximum noise power only as long as is absolutely necessary for the measurement.

3.3 Adjusting the Diode Emission

If full-scale deflection is not obtained with the noise power control turned fully clockwise due to the deterioration of the emission of the diode, adjustment is possible to a certain extent with the aid of the variable resistor R7. R7 is connected in

series with the power control R4 and accessible only after the signal generator has been withdrawn from the cabinet. It is located beside the tapping panel. Turn the power control 9/10 clockwise and adjust the meter to full-scale deflection with R7. This does not affect the calibration of the meter. If the meter cannot be adjusted to full-scale deflection with R7 the diode must be replaced.

3.4 Replacing the Diode

Withdraw the noise generator from the cabinet, loosen the screw of the tension band around the shielding can of the valve and remove the can. The valve is now accessible and may be replaced. The reflection coefficient of the RF output should then be checked. Two screws for adjusting the reflection coefficient are accessable through holes in the shielding can. The calibration of the meter is not affected by replacing the diode. After the replacement, adjust resistor R7 according to section 3.3 to make sure that the control range and the angle of rotation of the power control coincide and that the control curve remains sufficiently linear.

3.5 Circuit Description

The Noise Generator Type SKTU contains a special diode with a tungsten filament, which operates in the saturation state, for the generation of the continuous frequency spectrum. The noise figure measurement is based on the determination of the diode current (cf. section 3.6).

The saturation current and consequently the noise power are adjusted by varying the diode heating. Automatic regulation of the heating with the aid of transistors prevents AC supply voltage fluctuations from entering into the measurement. Anode supply voltage fluctuations have no influence since the diode operates in the saturation state. The heater voltage, which is derived from the secondary circuit of the transformer Tr1, rectified by Gl 2 and smoothed with C3, is stabilized by a regulator circuit comprising the transistors T1-T2-T3, the resistors R1-R2-R4-R7 and the battery Ba1. It operates as follows:

2.11 Errors

To avoid measuring errors it is imperative to check the following points:

Unwanted pick-up

Pick-up of radio signals from broadcast transmitters and of sweep generator signals must at all times be avoided. These unwanted signals may easily get into the receiver channel which is adjusted to its maximum sensitivity for noise measurements. It is, therefore, possible that relatively low spurious signal levels considerably falsify measurements. If the spurious signal level is of the order of the noise level then the original, i.e. the noise level to be measured, is doubled and the noise power which must be applied for measuring the noise figure must also be correspondingly increased. This leads to a noise figure reading which is twice as high as the real noise figure of the receiver.

Absolute protection against unwanted pick-up is provided by a screened room which will seldom be available. It is therefore indispensable to check that there is no unwanted pick-up and this is best accomplished by monitoring the receiver. A good test-setup minimizes the danger of unwanted pick-up and, above all, the connecting cable between the SKTU and the test item should be short and closely braided (double-screened cable).

Attenuation at the input

Any attenuation at the input of an amplifier - perhaps a lossy cable - causes a noise figure reading higher than the actual noise figure of the amplifier.

AGC

Receivers with automatic gain control must be handled differently. If the control action is initiated within the range of the noise

level used an error would be introduced in the noise figure measurement as the additionally applied noise power would be treated like a signal. The amplification would no longer be linear so that the requirement of measuring after the linear section could not be fulfilled. It is therefore advisable to switch off the automatic gain control during noise figure measurements.

Non-linearities

Non-linearities, which affect the signal, shift the distribution of the noise spectrum due to the mixing processes and this gives rise to erroneous measurements.

DC input isolation

Instruments with the input isolated to DC do not cause measurement errors. With other equipment, however, the DC voltage appearing at the output of the SKTU can falsify measurements if it reaches an active device. It may, for example, shift the operating point of an amplifier and lead to detuning of the test item. A blocking capacitor or a short circuit via a parallel-connected inductance, which in the measurement range has a high impedance with respect to the characteristic impedance, helps to avoid this effect. This precaution is seldom required since most often the receiver input contains tuned circuits and consequently DC short circuits or blocking capacitors which interrupt the DC path.

Mismatch

For noise figure measurements the output of the noise generator is connected to the input of the four-terminal network under test. The output impedance of the noise generator must be matched to the nominal characteristic impedance of the four-terminal network. The noise figure of an amplifier generally depends on

the circuitry at the input, hence also on the output impedance of the connected generator. Therefore, the measurement must be made using the generator output impedance at which the set is to be operated (e.g., simulation of the antenna impedance with the output impedance of the SKTU when connecting to a receiver).

When the influence of the generator output impedance on the noise figure of the test item is negligible - this is the case with receiver input stages where matching is not critical and the deviation of the impedance is not excessive - a discrepancy in the generator output impedance R_o from the terminating resistance R_a used in practice, causes an error of

$$\frac{P'}{P} = 4 \times \frac{R_a R_o}{(R_a + R_o)^2} ;$$

If $R_o = 50\ \Omega$ and $R_a = 60\ \Omega$, the resulting error is < 1%.

Since the noise diode supplies an impressed current, the output impedance is critical for the available power. If it deviates from the nominal value, the power deviation is given by

$$\frac{P'}{P} = \left(1 + \overline{r}_i\right)^2$$

where P' = actually available noise power;
P = nominal available noise power;
$\overline{r}_i$ = complex reflection coefficient of the output impedance.

If, for example, the noise power is required accurate to 1% the output impedance of the SKTU must not deviate more than 1% from the nominal value.

Indicator characteristic

Check that the application of noise from a noise generator, such as the SKTU, indeed doubles the noise power and increases the indication by 3 dB. For different ratios see section 2.7.

All calibrated attenuators should be matched to ensure that the attenuation is exact for all settings. Moreover, mismatch of the test item should be avoided as it can affect the input impedance of the test item and thus the actual noise figure measurement. This danger exists rarely for receiver measurements where the output is taken from the IF amplifier. In the case of single stages, in particular, of transistor amplifier stages, the termination has a considerable effect on the input impedance and may thus falsify the measurement.

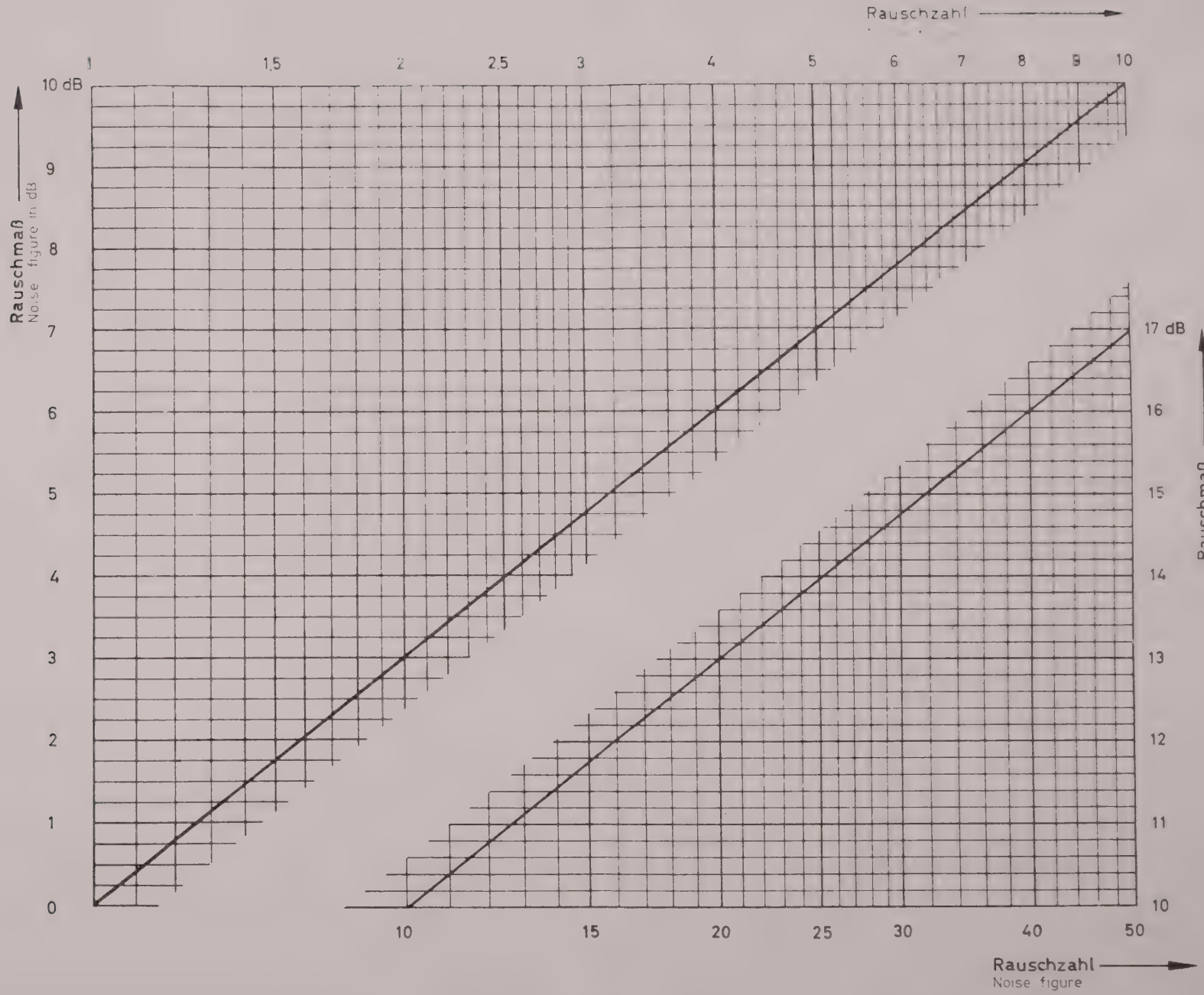
Image frequency rejection

With wideband systems the input selectivity is sometimes insufficient to prevent noise from being picked up at the image frequency. This leads to erroneous noise figure measurements as the noise figure will be worse than the value measured. As the received signal is proportioned to the signal channel only, so must the noise spectrum passing through the test item be limited to the wanted pass band. If one takes the extreme case where no preselection is provided it can be seen that with a white noise source, noise power at the image frequency will be added to that from the signal channel. Consequently, the 3 dB increase in noise power for the measurement will be achieved with half the generator power required for a true reading. The noise figure measured will therefore be half the actual value.

The SKTU can still be used for such measurements providing that a filter is interposed to limit the noise spectrum to the signal channel.

ROHDE & SCHWARZ
MÜNCHEN

Bilder
Figures



Zusammenhang zwischen Rauschzahl und Rauschmaß

Conversion of noise figure from F to F_{dB} and vice versa

Bild 1
Fig. 1

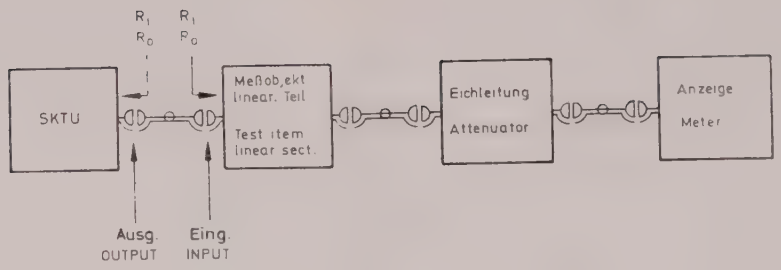
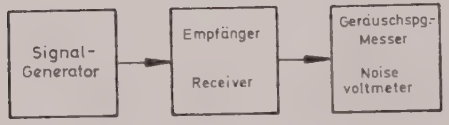
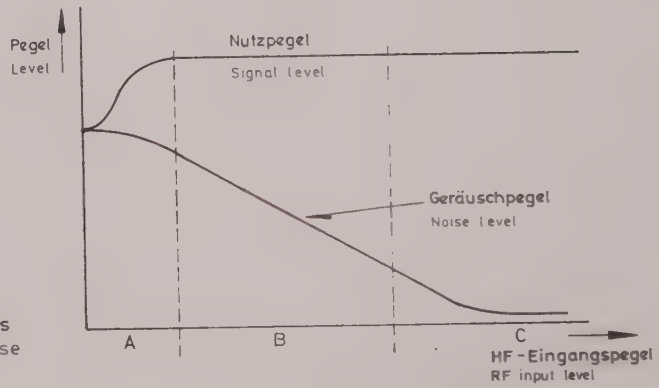


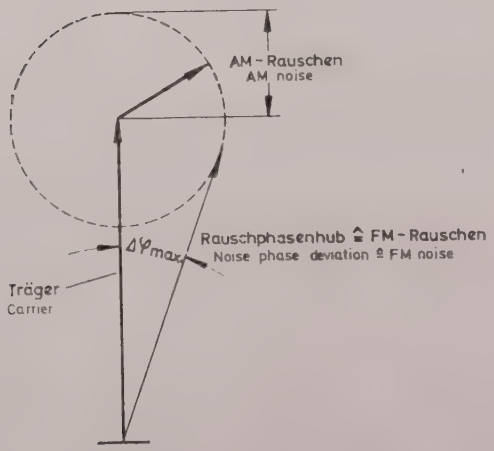
Bild 2 Empfohlener Meßaufbau
Fig. 2 Recommended test setup



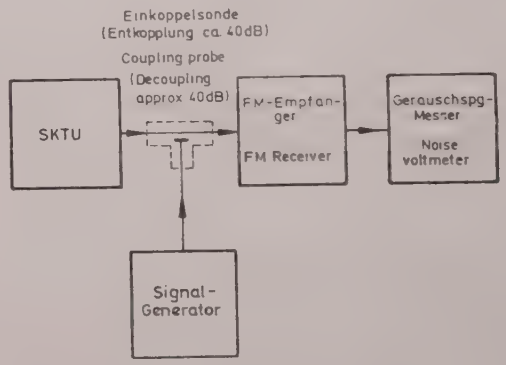
a) Anordnung zur Messung des Rauschabstandes
Test setup for measuring the signal-to-noise ratio



b) Meßergebnis der Anordnung nach Bild 3a
Test result of setup in Fig 3a



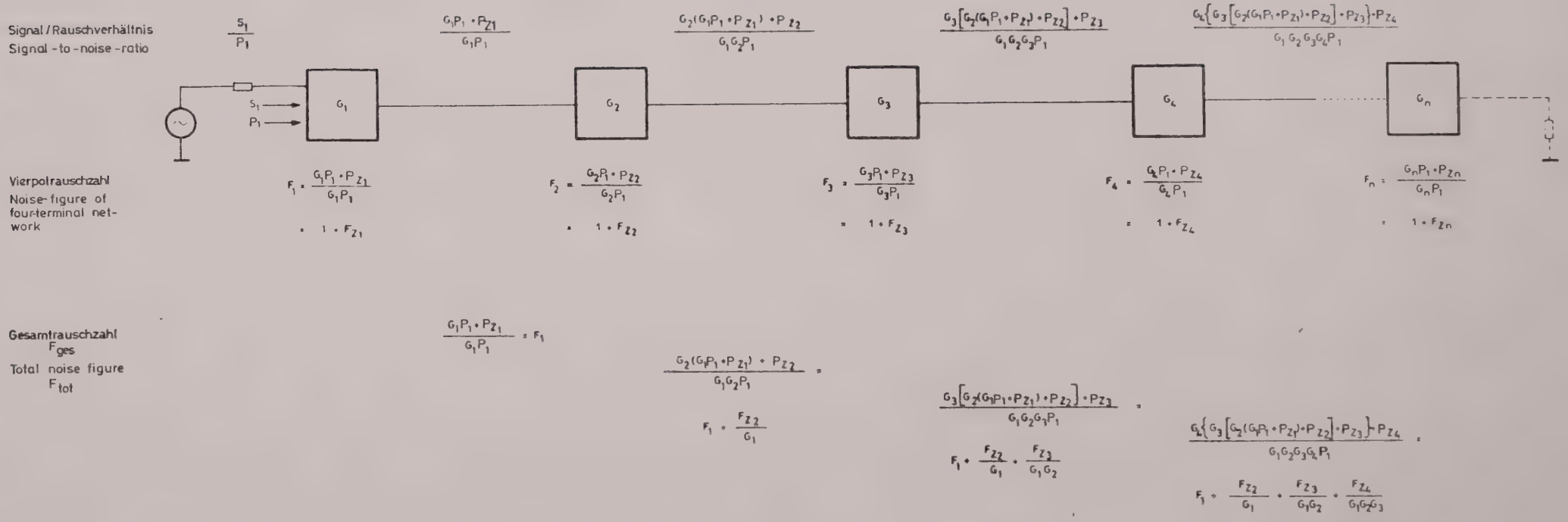
c) Vektorielle Darstellung der Modulation
Vectorial representation of the modulation



d) Anordnung zur Rauschzahlmessung
Test setup for measuring the noise figure

Bild 3
Fig. 3

Bild 2 und 3
Fig. 2 and 3



Rauschzahl bei der Kettenschaltung von Vierpolen
Noise figure of series-connected four-terminal networks

Bild 4
Fig. 4

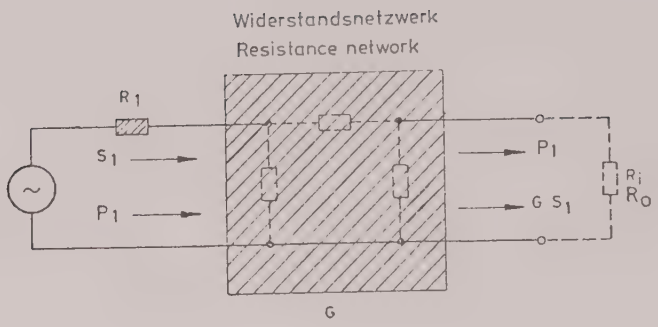


Bild 5
Fig. 5

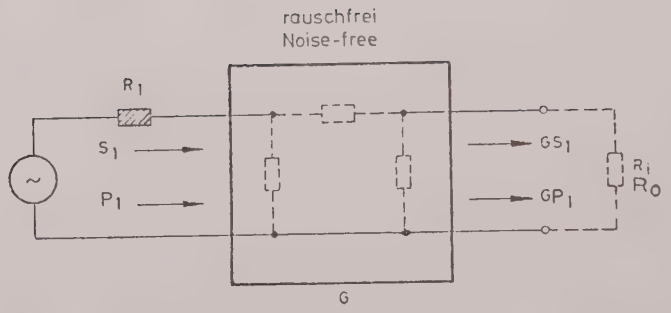
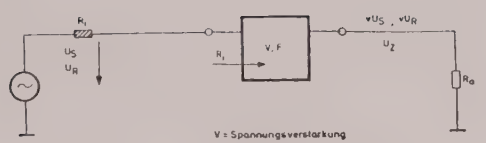


Bild 6
Fig. 6

Bild 5 und 6
Fig. 5 and 6

1)



$$S_1 = \frac{U_S^2}{R_i} \qquad S_2 = \frac{v^2 U_S^2}{R_a}$$

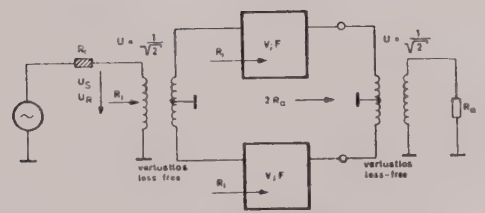
$$P_1 = \frac{U_R^2}{R_i} \qquad P_2 = \frac{(\sqrt{v^2 U_R^2 + U_Z^2})^2}{R_a}$$

$$F = \frac{S_1}{P_1} \cdot \frac{P_2}{S_2} = \frac{U_S^2}{U_R^2} \cdot \frac{v^2 U_R^2 + U_Z^2}{v^2 U_S^2} = 1 + \frac{U_Z^2}{v^2 U_R^2}$$

V = Spannungsverstärkung
V = Voltage gain

Rauschzahl des Grundvierpols
Noise figure of basic four-terminal network

2)



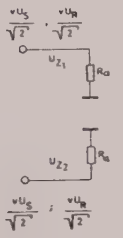
V = Spannungsverstärkung
V = Voltage gain

$$\frac{U_S}{\sqrt{2}} \rightarrow S_1 = \frac{U_S^2}{R_i}$$

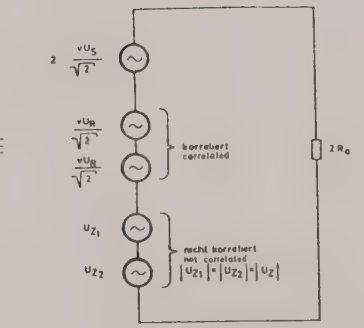
$$\frac{U_R}{\sqrt{2}} \rightarrow P_1 = \frac{U_R^2}{R_i}$$

Rauschzahl parallel geschalteter, gleichartiger Vierpole
Noise figure of parallel-connected, identical four-terminal networks

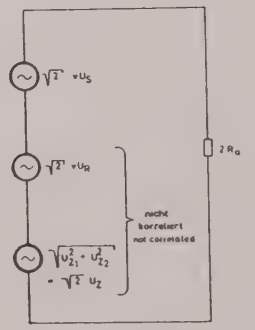
≡



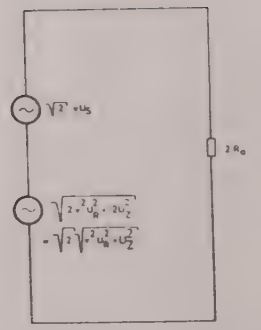
≡



≡



≡



Note: R_i = output impedance

$$S_2 = \frac{2v^2 U_S^2}{2R_a} = \frac{v^2 U_S^2}{R_a}$$

$$P_2 = \frac{2(v^2 U_R^2 + U_Z^2)}{2R_a} = \frac{v^2 U_R^2 + U_Z^2}{R_a}$$

$$F = \frac{U_S^2}{U_R^2} \cdot \frac{v^2 U_R^2 + U_Z^2}{v^2 U_S^2} = 1 + \frac{U_Z^2}{v^2 U_R^2}$$

Rauschverhalten von Vierpolen
Noise behaviour of four-terminal networks

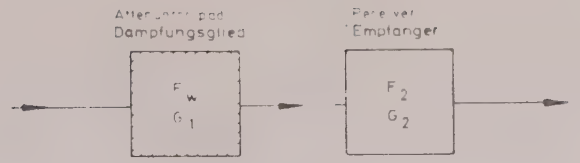


Bild 8
Fig.8

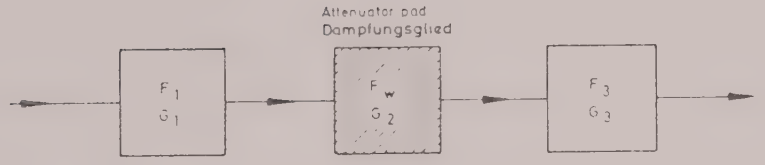


Bild 9
Fig.9

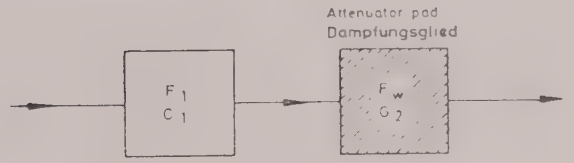


Bild 10
Fig.10

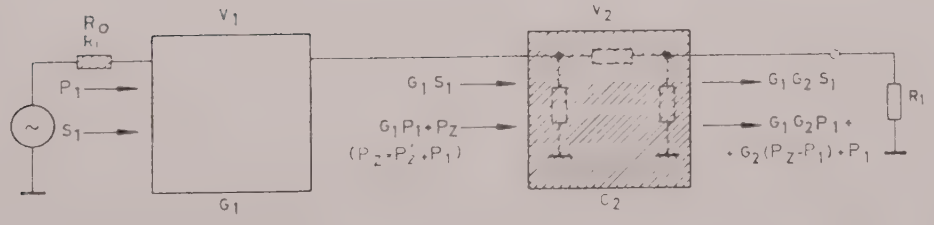


Bild 11
Fig.11

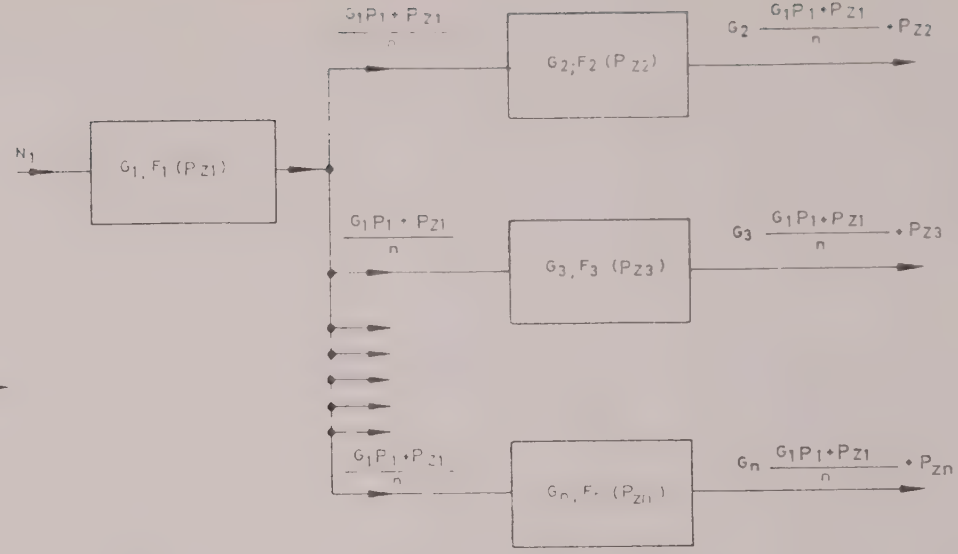


Bild 12
Fig.12

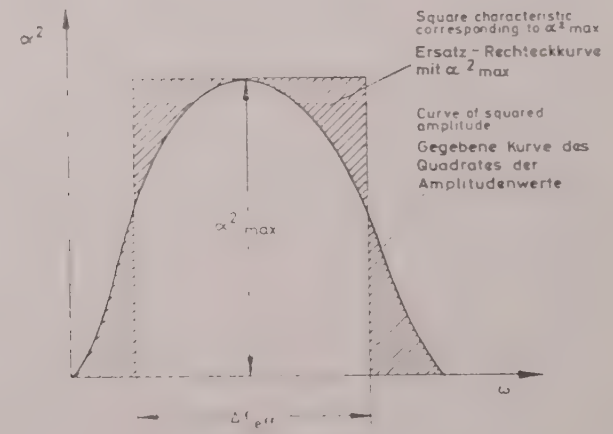


Bild 13
Fig.13

Bild 8...13
Fig 8 13

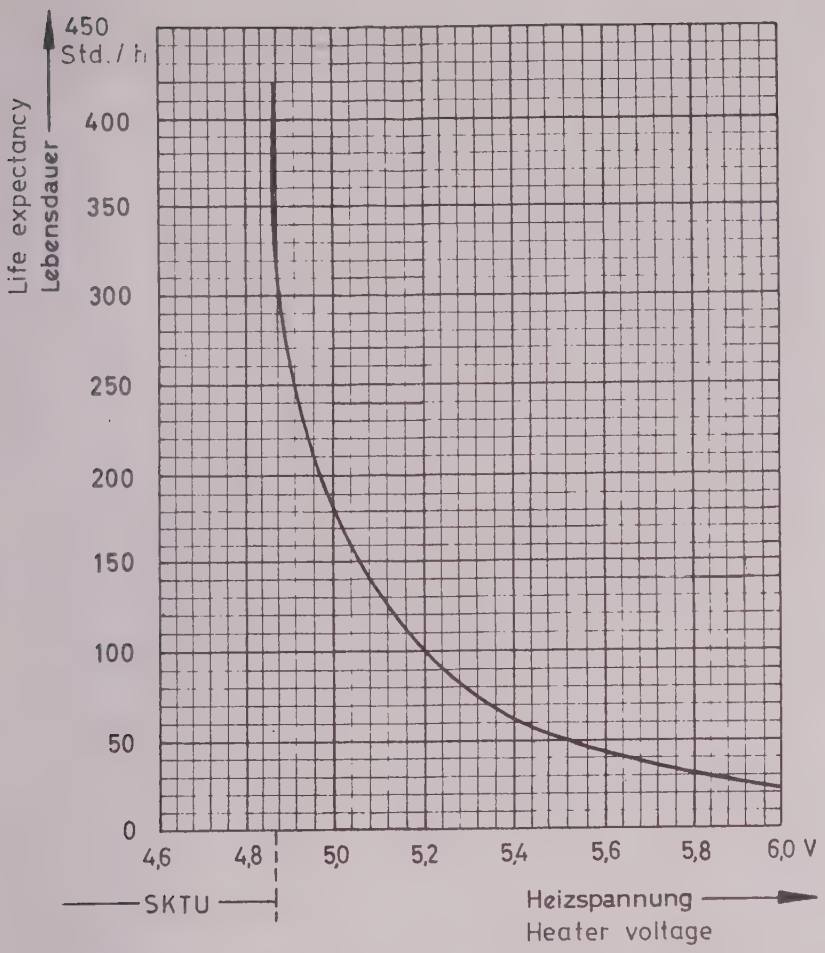


Bild 14
Fig. 14

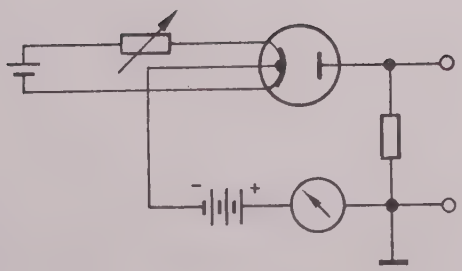


Bild 15
Fig. 15

Bild 14 und 15
Fig. 14 and 15

ROHDE & SCHWARZ
MÜNCHEN

Schaltteillisten
Stromläufe
Bestückungspläne

Parts lists
Circuit diagrams
Components plans

R 29500 Bl. 2

Lfd. Nr. Kenn-zeichen 1	Stück-zahl 2	Benennung	Sach-Nr. 4	5	Bemerkungen 6
Ba1		Stahlakkumulator	Ba 30013		
C1		MP-Kondensator	CM 022.9052		
C2		MP-Kondensator	CM 022.9052		
C3		Elko	Ce 006.6369		isoliert eingebaut
C4		Df-Kondensator	CP 120.9291		
C5		Df-Kondensator	CP 120.9291		
C6		Df-Kondensator	CP 120.9291		
C7		Klatsch-Kondensator			enthalten in 4151-1.1
C8		Klatsch-Kondensator			enthalten in 4151-1.1
C9		Klatsch-Kondensator			enthalten in 4151-1.1
C10		Papier-Kondensator	CPK 58003 n 47		
GL1		Gleichrichter	AG 013.2094		
GL2		Gleichrichter	AG 013.2013		
I1		Drehspul-Strommesser	INS 40504 " 40505 " 40506		für BN 4151/2/50 " /60 " /75
K1		Anschlußkabel	DZ 016.2489		
L1		Drossel	DUF 311/20		
L2		Drossel	DUF 311/20		
R1		Schichtwiderstand	WFE 321 k 1		
R2		Schichtwiderstand	WFE 321 k 25		
R3		Schicht-Drehwiderst.	WS 9122 F/500		

ROHDE & SCHWARZ
MÜNCHEN

	Tag	Name
geschrieben	19.10.77	Mi
bearbeitet		
geprüft		
normgeprüft		

Änd.-zust.	Änd.-Mittlg. Nr.	Tag	Name
n	MB127	10.76	Mt
o	MB140	10.77	Mt

Liste Nr. 4151/2 Sa

Liste besteht aus 2 Blatt

Blatt Nr. 1

Ersatz für Zeichnung

ersetzt durch

Schaltteilliste zu
Rauschgenerator Type SKTU

X Bd. XXX Kennzeichen	Stückzahl	Benennung	Sach-Nr.		Bemerkungen
1	2	3	4	5	6
R4		Schicht-Drehwiderstand	RS 030.4779		Achse gek. L = 28
R5		Schichtwiderstand	WFE 321 E 50		
R6		SHF-Meßwiderstand 60 Ω Type RMC	33527/60	hierzu bes. Stückliste	Teil 33527-1 kann ungraviert sein.
R7		Schicht-Drehwiderstand	WS 9122 F/1 k		
R8		Instrumentenwiderstand	IZ 102/6,66 mA/33,3 mA(0,5)		
R9		Schichtwiderstand	WF 25 k/2		
R10		Schichtwiderstand	WF 500/2		
R11		Schichtwiderstand	WFK 613/300/0,05		für BN 4151/2/50
R12		Schichtwiderstand	WFK 633/16/0,25		für BN 4151/2/75
~~R13~~		~~Schichtwiderstand~~	~~WFE 321 E 50~~		
R14		Schichtwiderstand	RF 028.2366		
Rl1		Zwerg - Glimmlampe	EF 019.2650		
Rö1		Rausch-Diode	Sylvania 5722		
S1		Netzschalterkombinat.	SB 020.4147		
S2		Spannungswähler	FR 017.5069		
S3		HF-Kippschalter	SK 020.9110		
Si1		Schmelzeinsatz	M 0,8 C DIN 41571 M 0,1 C DIN 41571		bei 115...125 V x) bei 220...235 V x)
Si2		Schmelzeinsatz	M 0,1 C DIN 41571 x)		x)zusätzlich je 2 Stck Ersatz
T1		Transistor AD 150 V	GPE 14340		Ersatz: GPE 15347
T2		Transistor 2N 2904	AK 010.3277		
T3		Transistor 2N 2904	AK 010.3277		
Tr1		Netztrafo (Gruppe)	4151 - 21		hierzu bes.Stückliste

ROHDE & SCHWARZ
MÜNCHEN

	Tag	Name
EKE		
geschrieben	25.7.58	Sz
bearbeitet		Kl
geprüft		
normgeprüft		

Änd. zust.	Änd.-Mitlfg. Nr.	Tag	Name
m	MB 104	12.74	Mt
o	MB 140	10.77	Mt
f	8735	23.3.64	Kl
g	10744	16.9.65	Wag
i	14544	30.4.69	Kl
k	MB 36	3.71	Mt
l	MB 90	11.73	Mt

~~Verzeichnis Nr.~~ Liste Nr. 4151/2 Sa

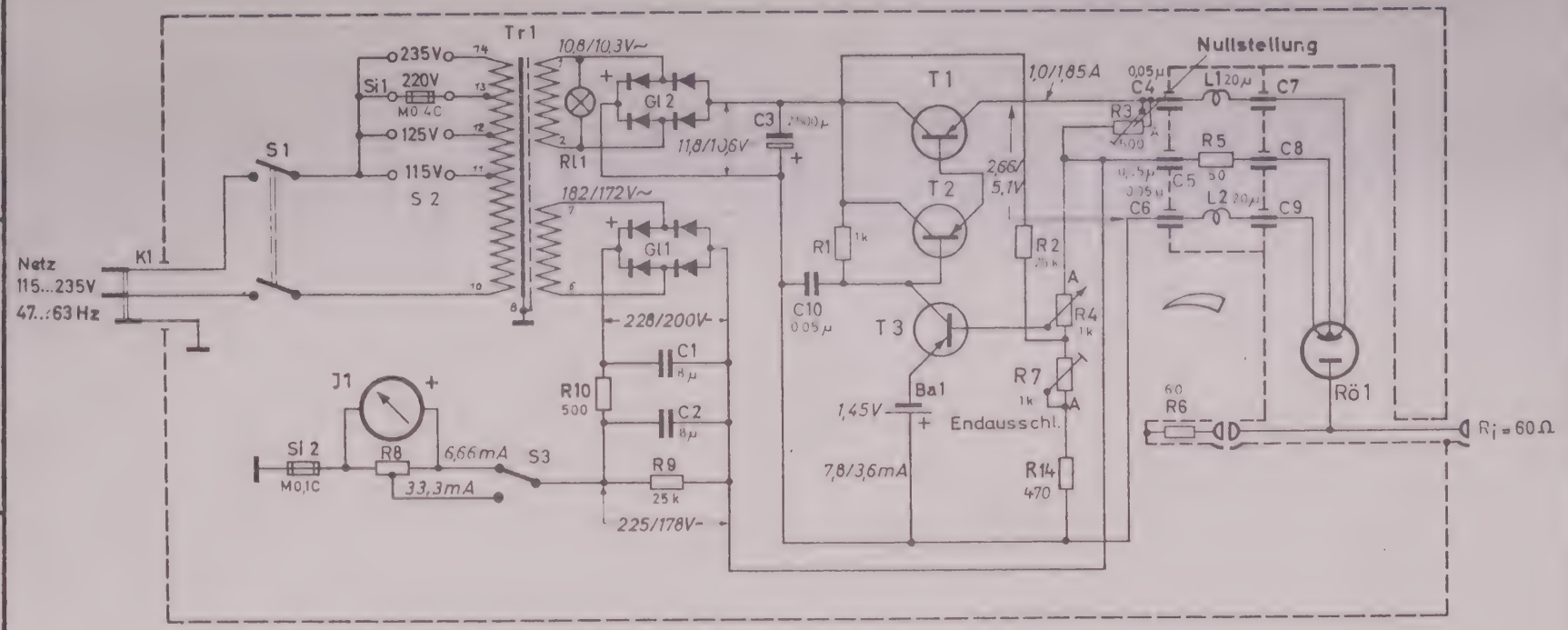
Liste besteht aus Blatt

Blatt Nr. 2

Ersatz für | ersetzt durch

~~Verzeichnis zu~~ ~~SKTU~~ Schaltteilliste zu

Rauschgenerator Type SKTU



6,5 bezw. 8 bezw. 6,4 KT_o — S3

33 bezw. 40 bezw. 32 KT_o •

bei 50Ω bezw. 60Ω bezw. 75 Ω

Die Eintragung der elektrischen Werte von Bauelementen ist unverbindlich. Genaue Werte siehe Schaltteilliste

Röl
Sylvania 5722

T 2,3
2N 2904

T 1
AD 150 V

Spannungswerte gemessen mit RV, $R_e \geq 10\,M\Omega$; z. B. URI

Angabe der Meßwerte für 0 und 33; 40; 32 k T_o

hierzu Schaltteilliste 4151/2 Sa

gezeichnet	30.7.58							
bearbeitet	21.7.58	Klein						
geprüft	4.8.58	Wa.						
normgep.								
	Tag	Name	Änd. zust.	Änd.-Mitteilg. Nr.	Tag	Name		
			i	MB 36	3.71	Mt.		
			k	MB 104	12.74	Mt		
			l	MB 140	10.77	Mt		

ROHDE & SCHWARZ
MÜNCHEN

Halbzeug, Werkstoff

Maßstab

Unterlerierte Maße

Ersatz für

Zeichn. Nr.

4151/2 S

Stromlauf zu

Rauschgenerator Type SKTU

ROHDE & SCHWARZ

MÜNCHEN

Schlüsselliste
für Bauteile - Sachnummern

Code list
for component stock Nos.

R 29500 Bl. 5

SCHLÜSSELLISTE FÜR R & S-SACHNUMMERN

Die R & S-Schaltteillisten enthalten in der Spalte „Benennung" die Angabe der Bauelemente-Art (z. B. Schicht- Draht-Widerstand usw.). Die zugehörigen technischen Daten und ihre Varianten werden durch drei Buchstaben vor der „Sachnummer" gekennzeichnet, deren Bedeutung nachfolgend erklärt wird. Für Ersatzteil-Bestellungen bei R&S ist stets die Angabe der vollständigen Sachnummer erforderlich.

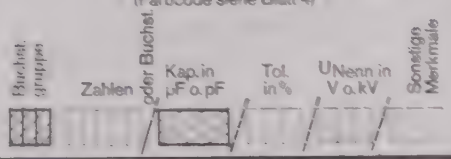
KEY FOR R & S ORDER NUMBERS

The R & S Parts Lists contain the type of component (e.g. depos.-carbon resistor, wire-wound resistor, etc.) in column "Designation". The relevant technical data and variants are indicated by three identification letters before the order number, which are explained below. When ordering spare parts from Rohde & Schwarz, the complete order number must always be specified.

Sachnummernsystem:
Jedes Feld symbolisiert einen Buchstaben oder eine Zahl.

Zahl oder Buchstabe erscheint **immer**, wenn schraffiert,
nicht immer, wenn gestrichelt.

KONDENSATOREN
(Farbcode siehe Blatt 4)



Abkürzungserläuterung:

T 2% = **Toleranz ± 2%**, wenn nicht anders angegeben.

U 500V = **Nennspannung 500 V-**, wenn nicht anders angegeben.

Buchstaben-gruppe	Benennung	R&S-Sachnummern Gleichartige Zahlen / Buchstaben stehen untereinander.	Bemerkungen
CBR	Ker. Bypass-Kondensator	CBR 1 / [pF]	[T] [U 350V-] Fabrikat Siemens
CCB	Ker. Ring-Kondensator	CCB 92 / [pF] { ≤ 1000 pF = U 1,6 kV > 1000 pF = U 1 kV	Versilberter Keramikring für Durchführungen
CCE	Ker. Trapez-Kondensator	CCE 94 / [pF]	[T + 100 -] [U 500V-] Trapezscheibe versilbert
CCF	Ker. Platten-Kondensator	CCF [pF] / [%] / [kV]	€ 80 Werkstoff KER 310
CCG	Ker. Scheiben-Kondensator	CCG [ ] [ ] / [pF] [%] TK in 10^{-6}/°C bzw. DK 11 = P 100/1B; 12 = P 100/1A; 31 = NP 0/1B; 32 = NP 0/1A; 41 = N 33/1B; 42 = N 33/1C; 48 = N 75/1B; 49 = N 75/1A; 55 = N 150/1B; 56 = N 150/1A; 59 = N 220/1A; 62 = N 330/1A; 65 = N 470/1A; 68 = N 750/1B; 69 = N 750/1A; 75 = N 1500/1B; 91 = € 2000/II; 94 = € 4000/II; 96 = € 6000/II; 98 = € 10000/II	[T 2%] [U 500V] Mit parallelen Anschlußdrähten
	Ker. Waffel-Kondensator	CCG [ ] [ ] [ ] [0] [nF] C-Toleranz: 0 = ≤ +100 bis −20%; 2 = ≤ + 50 bis −20%; 6 = ≤ + 2,5%; 9 = ≤ 1 pF DK (wie oben) UNenn: 40 = 30 V-; 50 = 100 V-; 52 = 125 V-; 64 = 500 V-; 67 = 700 V-; 86 = 6 kV-	[T +100 -20%] Mit parallelen Anschlußdrähten
CCH	Ker. Rohrkondensator 3 Ø	CCH [ ] [ ] / [pF] [%] siehe CCG [ ]	[T 2%] [U 500V] Mit radialen Anschlußdrähten
CCJ	Ker. Scheiben-Kondensator	CCJ [6] [4] [ ] [ ] [pF] siehe CCG [ ]	Unlackiert, ohne Anschlußdrähte
CCK	Ker. Rohrkondensator 4 Ø	CCK [ ] [ ] / [pF] [%] siehe CCG [ ]	[T 2%] [U 700V] Mit axialen Lötfahnen
		CCK [6] [7] [6] / [pF] siehe CCG [ ]	Mit radialen Anschlußdrähten
CCL	Ker. Rohrkondensator 8 Ø	CCL [ ] [ ] / [pF] [%] siehe CCG [ ]	[T 10%] [U 700V] Mit axialen Lötfahnen
CCW	Ker. Topf-Kondensator	CCW [pF] [%] / [kV]	[T 20%] € 80 Werkstoff KER 310

Diese Zeichnung ist unser Eigentum. Vervielfältigung, unbefugte Verwertung, Mitteilung an andere ist strafbar und schadenersatzpflichtig.

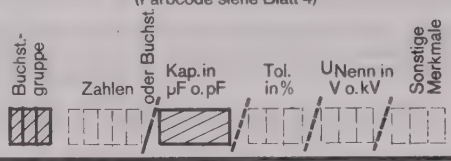
Sachnummernsystem:

Jedes Feld symbolisiert einen Buchstaben oder eine Zahl.

Zahl oder Buchstabe erscheint **immer**, wenn schraffiert, **nicht immer**, wenn gestrichelt.

KONDENSATOREN

(Farbcode siehe Blatt 4)



Abkürzungserläuterung:

T 2% = **Toleranz + 2%**, wenn nicht anders angegeben.

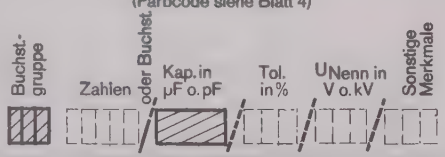
U 500V = **Nennspannung 500 V-**, wenn nicht anders angegeben.

Buchstabengruppe	Benennung	R&S-Sachnummern Gleichartige Zahlen/Buchstaben stehen untereinander.	Bemerkungen
CED	Elektrolyt-Kondensator	CED / µF / V Ausführung: 2 . . . . 7 normale Anforderg. 21 u. 22 für erhöhte Anforderg.	Rohrbecher mit axialen Anschlußdrähten
CEE	Elektrolyt-Kondensator	CEE / µF / V siehe CED	Rundbecher mit einseit. Lötfahnen
CEG	Elektrolyt-Kondensator	CEG / µF / V siehe CED	Rundbecher mit Befestigungs-Gewinde M18×1,5
CEU	Tantal-Elyt-Kondensator	CEU 43 µF UNenn 26= 6V- 30=10V- 33=15V- 36=20V- 41=35V- Größe 2=4,2Ø×8,2mm 3=5,5Ø×13mm 4=8,1Ø×18,3mm 5=9,7Ø×20,9mm	3=T 20% 4=Dicht gelötet mit axialen Anschlußdrähten
CFG	Durchführungs-Kondensator	CFG pF / Schraubenlänge in mm	T-10+25% Uprüf 1200V- R&S-Kondensator
CFM	Ker. Durchf.-Kondensator	CFM 64 pF TK bzw. DK siehe CCG Toleranz: 2=+50-20% 3=20% 4=10% 5= 5% 6= 2%	Mit Gewindetülle M5×0,5 und Anschlußdrähten
CFR	Ker. Durchf.-Kondensator	CFR pF / V Bauform	64=U 500V Mit Lötfahnen oder Draht-schlaufen
CFS	Ker. Durchf.-Kondensator	CFS pF	T+50% −20% U 500V Scheibenform
CGJ	Glimmer-Kondensator	CGJ pF / % / V / Bauform	TK+25·10⁻⁶/°C Kunstharz vergossen
		CGJ pF UNenn 60=300V- 64=500V- 70= 1kV- 76= 2kV Bauform 13=23×12×5 42=42×17×12mm Toleranz 4=10% 5= 5% 6=2,5% 7= 1% 8=0,5%	TK −5 . . . +30 ·10⁻⁶/°C Kunstharz vergossen
CGR	Glimmer-Kondensator	CGR pF/nF UNenn 52=125V- 58=250V- TK in 10⁻⁶/° 03=-20..+100 13=-5 ..+100 33=-5 ..+70 43=-5 ..+50 Toleranz 0=2pF 1=3pF 7=1% 8=0,5% 9=1pF	Im Kunststoff-becher vergossen, Raster 10
CGT	Glimmer-Kondensator	CGT pF siehe CGR	Kunstharz vergossen
CGU	Glimmer-Kondensator	CGU 64 pF/nF TK in 40⁻⁶/°C 0=±200 1=±100 2=-20..+100 3=0 ..+70 Bauform 2=9×9mm 3=12×12mm 4=17×16mm 6=21×24mm Toleranz 4=10% 5= 5% 6=2,5% 7= 1% 8=0,5%	64=U 200V Kunstharz vergossen

Sachnummernsystem:
Jedes Feld symbolisiert einen Buchstaben oder eine Zahl.

Zahl oder Buchstabe erscheint **immer**, wenn schraffiert, **nicht immer**, wenn gestrichelt.

KONDENSATOREN
(Farbcode siehe Blatt 4)



Abkürzungserläuterung:

T 2% = **Toleranz + 2%**, wenn nicht anders angegeben.

U 500 V = **Nennspannung 500 V-**, wenn nicht anders angegeben.

Buchstaben-gruppe	Benennung	R&S-Sachnummern Gleichartige Zahlen / Buchstaben stehen untereinander.	Bemerkungen
CGV	Glimmer-Kondensator	CGV 6024 pF Bauform: 2=15×5 mm; 3=20×9 mm	4=T 10%; 60=U 300 V Verklatschungs-Ausführung
CHF	Ker. Hochsp.-Kondensator	CHF 1 / 3000 / 10	T −20 +40; U 10 kV
CKD	KS-Folien-Kondensator	CKD [ ] / pF / % / V Größe: 1=8 mm, 2=12 mm	T 10% Polystyrol-Folie
		CKD [ ] pF Bauform Toleranz: 3=20 %; 4=10 %; 5=5 %; 6=2,5%; 7=1 %; 8=0,5%; 9=1 pF UNenn: 44=50 V-; 46=63 V-; 50=100 V-; 52=125 V-; 54=160 V-; 58=250 V-; 60=300 V-; 62=400 V-; 64=500 V-; 66=630 V-; 70=1000 V-	Polystyrol-Folie
CKE	KC-Folien-Kondensator	CKE pF siehe CKD	Polycarbonat-Folie
CKF	KC-Folien-Kondensator	CKF pF siehe CKD	Polycarbonat-Folie, metallisiert
CKG	KT-Folien-Kondensator	CKG pF siehe CKD	Polyterephthalat-Folie, metallisiert
CKH	KT-Folien-Kondensator	CKH pF siehe CKD	Polyterephthalat-Folie, metallisiert
CKK	Kunstfolien-Kondensator	CKK 4 pF siehe CKD	KS- (siehe CKD) oder KT-(s. CKG) Ausführung
CKL	Lack-Kondensator	CKL 3 pF siehe CKD	Fabrikat Siemens
CKO	Lack-Kondensator	CKO 2 / µF / V	T 10% Fabrikat Bosch
CKS	KS-Folien-Kondensator	CKS pF / % / V	T 5% Polystyrol-Folie, stirnkontaktiert
		CKS pF/nF siehe CKD	
CMM	MP-Motor-Kondensator	CMM µF / V	T≤0,5µF 20%; T>0,5µF 10%
		CMM 4 pF/nF Bauform UNenn siehe CKD	4=T 10%
CMR	MP-Kondensator	CMR µF / V / [ ] Bauform	T≤0,5µF 20%; T>0,5 F 10%
		CMR µF Bauform Toleranz: 2=−20+50%; 3=20%; 4=10% UNenn: 54=160 V; 62=400 V; 64=630 V; 70=1 kV; 74=1,6 kV; 76=2 kV; 82=4 kV	

Diese Zeichnung ist unser Eigentum. Vervielfältigung, unbefugte Verwertung, Mitteilung an andere ist strafbar und schadenersatzpflichtig.

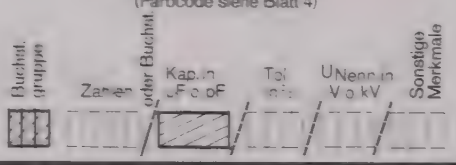
KONDENSATOREN

(Farbcode siehe Blatt 4)

Sachnummernsystem:

Jedes Feld symbolisiert einen Buchstaben oder eine Zahl.

Zahl oder Buchstabe erscheint:
immer, wenn schraffiert,
nicht immer, wenn gestrichelt.



Abkürzungserläuterung:

T 2% = **Toleranz ± 2%**, wenn nicht anders angegeben.

U 500V = **Nennspannung 500V-**, wenn nicht anders angegeben.

Buchstabengruppe	Benennung	R&S-Sachnummern Gleichartige Zahlen / Buchstaben stehen untereinander.	Bemerkungen
CNF	Ker. Platten-Kondensator	CNF pF / % / kV	
CNW	Ker. Wulstrohr-Kondensator	CNW pF / % / kV	€ 6 Werkstoff KER 221 T 20%
CPD	Papier-Durchf.-Kondensator	CPD pF / V	T +30% −20%
CPF	Papier-Kondensator	CPF pF / V	T<100nF 20%; T≥100nF 10%
CPK	Papier-Kondensator	CPK pF / V	
CPM	Papier-Kondensator	CPM pF / V	<100nF T 20+ Papier-Bypass-Kondensator, in Metallrohr dicht gelötet.
CPR	Papier-Kondensator	CPR pF / V	Papierkondensator in Keramikrohr, dicht gelötet
CRF	Papier-Kondensator	CRF pF / V	≥100nF T 10% Papierkondensator in Keramikrohr, dicht gelötet, Lötfahnen.
CXD	Doppelwulst-Kondensator	CXD 300 / 3	Doppelwulst mit Sonderarmatur, 300pF±20%, 3kV, €40, Ker 331
CXF	Ker. Platten-Kondensator	CXF pF / % / kV	€ 40 Werkstoff Ker 331
CXT	Ker. Topf-Kondensator	CXT pF / % / kV / B/F	B = Blechflansch F = Keramikflansch € 40 Werkst. KER. 331
CXW	Ker. Topf-Kondensator	CXW pF / % / kV / F/M	T 20% F = Fußflansch M = Mittelflansch € 40 KER. 331

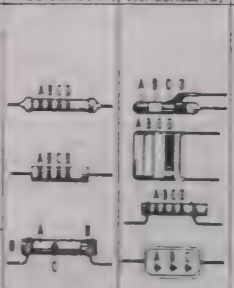
Anmerkung:
Die Wertangabe der weitgehend miniaturisierten Bauelemente erfolgt überwiegend durch Farbkennzeichnungen, deren Bedeutung der nachfolgenden Tabelle entnommen werden kann.

Note:
The electrical values of the largely miniaturized components are mainly identified by a colour code, the meaning of which can be taken from the table below.

Farbcode für Widerstände und Kondensatoren / Colour code for resistors and capacitors

Farbe	A	B	C	D
Schwarz/Black	–	0		
Braun/Brown	1	1	0	± 1%
Rot/Red	2	2	00	± 2%
Orange	3	3	000	
Gelb/Yellow	4	4	0000	
Grün/Green	5	5	00000	± 0.5%
Blau/Blue	6	6	000000	
Violett	7	7	–	
Grau/Gray	8	8	–	
Weiß/White	9	9	–	
Gold	–	–	–	± 5%
Silber/Silver	–	–	–	± 10%
Ohne Farbe/ No colour	–	–	–	± 20%

Anordnungsbeispiele für Widerstände (R) / Kondensat (C)



Definitionen *

Kennzeichen A (Bauteilfarbe/1. Farbring) = 1. Zahl /
Marking A (body colour or first coloured ring) = 1st digit;

Kennzeichen B (Bauteilende/2. Farbring) = 2. Zahl /
Marking B (body end or second coloured ring) = 2nd digit;

Kennzeichen C (Punkt/ 3. Farbring) = 3. Zahl = Zahl der Nullen /
Marking C (dot or third coloured ring) = number of zeroes;

Kennzeichen D (Punkt/ 4. Farbring) = Toleranz des Nennwerts in %; Fehlendes Kennzeichen für D bedeutet ± 20%
Marking D (dot or fourth coloured ring) = tolerance on nominal value in %. (with no D marking: tolerance = ± 20%)

Das Fehlen eines Kennzeichens bedeutet, daß die Farbe des Bauteilkörpers die Wertangabe darstellt. / The absense of a marking signifies that the body colour gives the corresponding information.

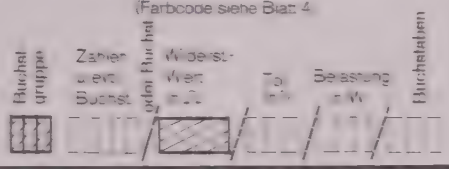
* siehe auch DIN 41 429 und DIN 40 825 / see also IEC publication 62-1952 and 62-1968.

Sachnummernsystem:

Jedes Feld symbolisiert einen Buchstaben oder eine Zahl.

Zahl oder Buchstabe erscheint **immer**, wenn schraffiert.
nicht immer, wenn gestrichelt.

WIDERSTÄNDE
(Farbcode siehe Blatt 4)



Abkürzungserläuterung:

T 2% = **Toleranz ± 2%** wenn nicht anders angegeben.

Buchstabengruppe	Benennung	R&S-Sachnummern Gleichartige Zahlen / Buchstaben stehen untereinander	Bemerkungen
WD	Drahtwiderstand	WD Ω / % / W	T 5% Bei Werten ≥ 5 Ω und Nennlast 0,5 ... 1 W DIN 41401 ... DIN 41403
WDD	Drahtwiderstand	WDD Ω / % / W Abmessungsvariation	T 1% Bei Werten ≥ 5 Ω und Nennlast 2 ... 50 W
WDF	Drahtwiderstand	WDF Ω / % Bauform	Präzisions-Drahtwiderstand
WDG	Drahtwiderstand	WDG Ω / % / W	T 1% Glasierter Drahtwiderstand
WDN	Drahtnetzwiderstand	WDN Ω / W	Hochohmig
WF	Schichtwiderstand	WF Ω / % / W	T 5% Kohleschichtwiderstand Abmessungen nach DIN 41404 ... DIN 41408
WFE	Schichtwiderstand	WFE 1 / Ω Nennlast 2 = 0,5 W 3 = 1 W 5 = 2 W 6 = 1 W (Hochohm) Toleranz 2 = 5% 3 = 2% 4 = 1% 5 = 0,5% 6 = 0,3% isoliert	Mit axialen Anschlußdrähten
WFG	Schichtwiderstand	WFG 2 1 / Ω Toleranz 2 = 5% 3 = 2% 4 = 1%	Ausführung für gedruckte Schaltung. Abmessungen: 5 × 5 × 15 mm
WFK	Schichtwiderstand	WFK Ω / % / W Art der Ausführung und Lackierung	T 5% unbeschaltet mit metallis. Enden
WFS	Schichtwiderstand	WFS Ω / % / W Art der Ausführung	T 5% Mit radialen Drahtenden bzw. Schellen, Nennlast 1 W
		WFS 6 2 Ω Abmessungen, Toleranz siehe WFG, Ausführung	Mit radialen Drahtenden bzw. Schellen, Nennlast 1 W Abmessungen: 62 × 10 mm Ø
WHD	Heißleiter	WHD / Ω / % Kennziffer Lieferant und Bauform	T 20% heißleiter direkt geheizt
WHN	Heißleiter	WHN Ω / % Kennziffer Lieferant und Bauform	T 20% heißleiter indirekt geheizt
WHP	Kaltleiter	WHP Ω Bauform und Art	
WR	Drahtdrehwiderstand	WR / Ω Nennlast 1 ... 250 W Achsausführung: F = geschlitzt	Fabrikat DRALORIC zementierte Ausführung
WRG	Drahtdrehwiderstand	WRG / Ω Bauform	
		WRG Ω Bauform	
WRW	Wendelpotentiometer	WRW Ω Bauform	

Diese Zeichnung ist unser Eigentum. Vervielfältigung, unbefugte Verwertung, Mitteilung an andere ist strafbar und schadenersatzpflichtig.

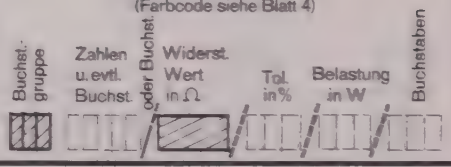
Sachnummernsystem:

Jedes Feld symbolisiert einen Buchstaben oder eine Zahl.

Zahl oder Buchstabe erscheint **immer**, wenn schraffiert, **nicht immer**, wenn gestrichelt.

WIDERSTÄNDE

(Farbcode siehe Blatt 4)



Abkürzungserläuterung:

± 2% = **Toleranz ± 2%**, wenn nicht anders angegeben

Buchstaben-gruppe	Benennung	R&S-Sachnummern Gleichartige Zahlen / Buchstaben stehen untereinander.	Bemerkungen
WS	Schichtdreh-widerstand	WS Ω Achsausführung: F = geschlitzt Bauform (Nennlast) Widerst.-Verlauf	
WSB	Schichtdreh-widerstand	WSB Ω Bauform	
WSC	Schichtdreh-widerstand	WSC Ω Bauform	Ausführungen mit Schalter
WSD	Schichtdreh-widerstand	WSD Ω Achsausführung: F = geschlitzt Bauform, evtl. Widerstandswert	Sonderpotentiometer verschiedenst. Bauform
WSG	Schichtdreh-widerstand	WSG Ω Bauform	Ausführung: 1: für Normalverdrahtung 2: für Druckschaltung
WSH	Dämpfungs-glied	WSH Ω Kennziffer Bauform und Dämpfung	
WSJ	Schichtdreh-widerstand	WSJ 6 0 Laufende Nummer	Mehrfach-Ausführungen
WSL	Schichtdreh-widerstand	WSL Laufende Nummer	Ausführung für gedruckte Schaltung
WSU	Schichtdreh-widerstand	WSU Ω Bauform	Ausführung für gedruckte Schaltung Zementschicht
WUC	Varistor	WUC Bauform Nennlast: 3 = 0,5 W 4 = 1 W 5 = 2 W 6 = 3 W Exponent: 3 = 0.3 4 = 0.255 5 = 0.215 6 = 0.167 7 = 0.175 B-Wert (U bei 1 A) 03 = 15 V 04 = 18 V 05 = 22 V 06 = 27 V 07 = 33 V 08 = 39 V 09 = 47 V 10 = 56 V 11 = 68 V 12 = 82 V 13 = 100 V 14 = 120 V 15 = 150 V 16 = 180 V 17 = 220 V 18 = 270 V 19 = 330 V 20 = 390 V 21 = 470 V 22 = 560 V 23 = 680 V 24 = 820 V 25 = 1000 V 26 = 1200 V 27 = 1500 V	
WV	Drahtwiderstand mit Abgriff	WV / Ω Nennlast in W	
WVD	Drahtwiderstand mit Abgriff	WVD 50 / Ω	50-W-Ausführung

ROHDE & SCHWARZ
MÜNCHEN

Übersetzungen
Translations

R 29500 Bl. 6

Translations for Code List of R&S Stock-Nos.

Abgreifbarer Drahtwiderstand	Tapped wire-wound resistor
Abkürzungserläuterung	Abreviation
Abmessungen	Dimensions
Abmessungen/Raster	Dimensions/resolution
Abmessungsvariation	Dimensional variant
Art	Form
Ausführung	Model
Ausführung dicht	Sealed version
Bauform	Model
Bauformvariation	Model
bei	At
bei CGU an 3. Stelle a	At the 3rd place for CGU
bei Widerständen < 5 Ω und Nennlast 2 ... 50 W	With resistor < 5 Ω and nominal power 2 to 50 W
Bel. W	Pow. W
Bemerkungen	Remarks
Benennung	Designation
... bis ...	... to ...
Blechflansch	Sheet metal flange
Buchstabengruppe	Letter group
B-Wert	B value
C-Toleranz in ± %	C tolerance in ±%
desgleichen Nennlast ... W	As above, nom. power ... W

Edition R 16660/0767 Bl. 1

(Translation of the German edition R 7894/267)
Printed in Western Germany

Translations for Code List (cont' d)

Df-Kondensator	Feed-through capacitor
dicht gelötet	Sealed
Dielektrikum und Belag	Dielectric and coating
Doppel; Dreifach; Vierfach-Tandem mit Schalter, offen, einlötbar	Double, triple, fourfold tandem with switch, open solderable
Doppelwulst mit Sonderarmatur	Double bead with special armature material
Drahtdrehwiderstand	Variable wire-wound resistor
Drahtnetzwiderstand	Resistor, wire-gauze
Drahtwiderstand	Resistor, wire-wound
Drahtwiderstand nach DIN 41411... DIN 41423 bei Nennl. 0,5 u. 1 W ≧ 5 Ω und Nennlast 2 ... 50 W	Wire-wound resistor according to DIN 41411 to DIN 41423 with nom. power 0,5 and 1 W ≧ 5 Ω and nom. power 2 to 50 W
dto.	Dto.
Durchführungskondensator mit M 5 x 0,5 Gewindetülle und Drahtanschlüssen	Feed-through capacitor with M 5 x 0,5 threaded sleeve and wires
DW-Kondensator	Double-beaded capacitor
Elektrolytkondensator	Electrolytic capacitor
Exponent	Exponent
Fabrikat	Made by ...
für erhöhte Anforderung	For increased requirements
für gedruckte Schaltungen	For printed circuits
für Normalverdrahtung	For conventional wiring
für normale Anforderung	For normal requirements

Translations for Code List (cont'd)

Fußflansch	Foot flange
geschlitzt	Slotted
Gewinde	Thread
Glasierter Drahtwiderstand	Glazed wire-wound
Glimmerkondensator	Mica capacitor
Größe	Size
Größe ∅ x Länge in mm	Size dia. x length in mm
HDK-Keramik	HDC ceramic
HDK-Masse	HDC material
Heißleiter	Thermistor
Heißleiter direkt geheizt	Thermistor, directly heated
Heißleiter indirekt geheizt	Thermistor, indirectly heated
Heizgitter	Heating grill
Hochohm	High resistance
Jahre-Mica-Arkt, Kunstharz vergossen TK-5 bis 30 x $10^{-6}/^{o}C$	Jahre-Mica Arkt cast into synthetic resin, TC 5 30 x $10^{-6}/^{o}C$
Jahre-Mica-Dur, mit Kunststoff umhüllt	Jahre-Mica-Dur covered with plastic
Jahre-Mica-Strat, Kunstharz vergossen, TK ±100 x $10^{-6}/^{o}C$	Jahre-Mica-Strat, cast into synthetic resin, TC ±100 x $10^{-6}/^{o}C$
Kapazität	Capacitance
Kap. in µF o. pF	C_{in} µF or pF
Kapazität in nF	Capacitance in nF
Kapazität in pF	Capacitance in pF
Kap. pF	Cap. pF
Kennziffer für Art, Ausführung u. Lackierg.	Code figure for form, model and finish

Kennziffer für Bauform und evtl. Widerstandswert	Code figure for form and perhaps resistance for printed circuits for conventional wiring
Kennziffer für Bauform und Dämpfung	Code figure for form and attenuation
Kennziffer für Lieferung und Ausführung	Code figure for supplier and model
Kennziffer für Lieferant und Bauform	Code figure for supplier and model
Keram. Bypasskondenstor	Ceram. bypass capacitor
Keram. Df-Kondensator	Ceramic feed-through capacitor
Keram. Durchführungskondensator mit Gewindetülle und Lötfahnen	Ceram. feed-through capacitor with threaded sleeve and soldering lugs
Keramik	Ceramic
Keramikflansch	Ceramic flange
Keramikkondensator	Ceramic capacitor
Keram. Rohrkondensator mit axialen Lötfahnen	Ceram. tubular capacitor with axial soldering lugs
Keram. Rohrkondensator mit radialen Drahtanschlüssen, U = 500 V -	Ceramic tubular capacitor with radial wires E = 500 V DC
Keram. Scheibenkondensator ohne Anschlußdrähte, lötbar	Ceram. disc-type capacitor without wires solderable
Keram. Scheibenkondensator mit parallelen Drahtanschlüssen, U 500 V-	Ceram. disc-type capacitor with parallel wires E 500 V DC
Keram. Waffelkondensator mit parallelen Drahtanschlüssen	Ceram. disc-type capacitor with parallel wires
Kf-Kondensator	Synthetic-foil capacitor
Kohleschichtwiderstand Abmessungen nach DIN 41404 ... DIN 41408	Deposited-carbon resistor, dimensions according to DIN 41404 to DIN 41408

Translations for Code List (cont'd)

Kohleschichtwiderstände mit radialen Drahtenden bzw. Schellen	Depos.-carbon resistor with radial wires or clamps
Kohleschichtwiderstand, tropenfest	Depos. resistor, tropicalized
Kohleschichtwiderstand unbekappt mit metallisierten Enden	Depos. carbon resistor without caps, with metallized ends
Kondensatoren	Capacitors
KT-Kondensator	Synthetic-foil capacitor
Kunstfolienkondensator	Synth. foil capacitor
Kurve und Nennlast	Characteristic nom. power
Lackdielektrikum	Lacquer dielectric
Lackkondensator	Lacquer-type capacitor
Länge = 23 mm	Length 23 mm
Last	Power
linearer Widerstandsverlauf	Linear resistance characteristics
mehrlagige Lackschicht metallisiert (Fabrikat Siemens)	Multi-layer lacquer film, metallized (made by Siemens)
Miniatur	Miniature
mit geschlitzter Achse	With slotted shaft
Mittelflansch	Middle flange
12 mm lang, geschlitzt	12 mm long, slotted
32 mm lang, glatt	32 mm long, smooth
MP-Kondensator im Rechteckbecher	MP capacitor in rectangular can
MP-Kondensator im Rundbecher	MP capacitor in round can
MP-Kondensator	MP capacitor

Translations for Code List (cont'd)

MP-Motorkondensator	MP motor capacitor
MP-Motorkondensator im Rundbecher	MP motor capacitor in round can
Nennlast	Nom. power
noch	Cont'd
Oberfläche lackiert	Lacquer finish
ohne Welle (Schlitz > 2.5 x 0.7)	Without shaft (slot > 2.5 x 0.7)
Papier-Bypass-Kondensator im Metallrohr, dicht gelötet	Paper bypass capacitor sealed in metal tube
Papier-Durchführungs-Kondensator	Paper feed through capacitor
Papierkondensator	Paper capacitor
Papierkondensator im Keramikrohr, dicht gelötet	Paper capacitor in ceramic tube, sealed
Papierkondensator im Keramikrohr, dicht gelötet, Lötfahnen	Paper capacitor in ceramic tube, sealed, soldering lugs
Papierkondensator im Metallrohr, dicht gelötet	Papier capacitor in metal tube, sealed
Papierkondensator, imprägniert und kunststoffumgossen	Paper capacitor impregnated and cast into synthetic material
Plattenkondensator	Plate capacitor
Polyester-Folie und Metall-Folie (für gedruckte Schaltg.)	Polyester foil and metal foil (for printed circuits)
Polykarbonat-Folie, metalliesiert	Polyester foil, metallized
Polystrol-Folie und Metall-Folie	Polystyrene foil and metal foil
Polystrol-Kond. mit Al-Folie als Belag.	Polysterene capacitor with AL-foil coating.

Translations for Code List (cont' d)

Präzisions-Drahtwiderstand	Precision wire-wound resistor
Präzisions-Drahtwiderstand Kunstharz umgossen, Nennlast 0, 125 W	Precision wire-wound resistor, cast into synthetic resin, nom. power 0. 125 W
Ringkondensator	Ring capacitor
Rohrkondensator mit Lötfahnen	Tubular capacitor with soldering lugs
Rohr mit axialen Drahtanschlüssen	Tube with axial wires
Rollkondensator, axiale Anschlüsse	Roll-type capacitor, axial connections
R&S-Kondensator (Eigenfertigung)	Capacitors, made by R&S
R&S-Sachnummern, gleichartige Zahlen oder Buchstaben stehen in dieser Liste untereinander	R&S Stock-Nos., equivalent figures or letters are written one below the other in this list
Rundbecher mit Befestigungswinde M 18 x 1, 5 und einseitigen Anschlüssen	Round can with thread M 18 x 1. 5 and connection at one side
Rundbecher mit einseitigen Lötfahnen	Round can with soldering lugs at one side
Sachnummernsystem. Jedes Feld symbolisiert einen Buchstaben oder eine Zahl	System of Stock-No. Each field stands for a letter or figure.
Sofern Bauelemente, deren Klartext aus dieser Liste ersichtlich sind, z. B. als Reparaturteile, beschafft werden sollen und sofern diese Beschaffung nicht über R&S erfolgt, wird empfohlen, neben den elektrischen Eigenschaften auch die mechanischen Abmessungen anzugeben, die von dem defekt gewordenen Bauelement zu entnehmen sind.	When such components as are identified by this list are procured, say, as repair parts, from supplier other than R&S, it is recommended that the mechanical dimensions be specified in addition to the electrical values.
Sonderschichtdrehwiderstände	Special variable deposited carbon resistors of various forms
verschiedene Bauform	Diverse models
sonstige Merkmale	Other features

Translations for Code List (cont' d)

Spannung bei ...	Voltage at ...
Spannungsabhängigier Widerstand	Voltage-dependent resistor
Standard	Standard
Scheibenkondensator mit pilzförmiger Armatur	Disc-type capacitor with mushroom-shaped armature
Schichtdrehwiderstand	Variable deposited-carbon resistor
Schichtwiderstand	Deposited-carbon resistor
Schichtwiderstand (fest mit axialen Anschlüssen	Depos.-carbon resistor (fixed with axial connections
Schichtwiderstand Standardausführung für gedruckte Schaltung	Standard model for printed circuits
Schlüsselliste für R&S-Sachnummer	Code list for R&S-Stock No.
Styroflex-Kondensator	Styroflex capacitor
Styroflex-Kondensator, axiale Drahtanschlüsse Fabrikat Siemens	Styroflex capacitor axial wires, made by Siemens
T 2% = Normaltoleranz z. B. 2% die Angabe der Toleranz entfällt in diesen Fällen in der R&S-Sachnummer	T 2% = normal tolerance, e. g. 2% not specified in the R&S Stock-No.
Tantalelko	Tantalum electrolytic capacitor
Tantalelko, Sinterelektrode, trocken, axiale Drahtanschlüsse	Tantalum solid electrolytic capacitor, self-baking electrode, axial wires
TK · $10^{-6}/^{o}$ C	TC x $10^{-6}/^{o}$ C
TK-Reihe bzw. HDK-Masse/Klasse	TC series or HDC material/category
TK-Reihe/Klasse	TC series/category
Toleranz in % oder pF (entfällt bei Normaltoleranz ±10% oder ±1 pF	Tolerance in % or pF (omitted for normal tolerance of ±10% or ±1 pF

Translations for Code List (cont'd)

Tol. % Tol. in %	Tolerance in %
Topfkondensator	Pot-shaped capacitor
Trapezscheibe versilbert	Trapezoidal disc, silver-plated
U 500 V = Nennspannung z. B. 500 = die Angabe der Nennspannung entfällt in diesen Fällen in der R&S-Sachnummer	E 500 V = nominal voltage, e. g. 500 V DC; not specified in the R&S Stock-No.
U_{Nenn}	E_{nom}
U_{Nenn} V-	E_{nom} V DC
U_{Nenn} in V o. kV	E_{nom} in V or kV
$U_{Prüf}$ 1200 V-	E_{test} 1200 V DC
V~	V AC
V-	V DC
Varistor	Varistor
Verklatschungskondensator	Bypass capacitor
versilberter Keramikring für Durchführungen	Silver plated ceramic ring for bushings
Wellenausführung	Shaft
Wellenende < 2 mm, geschlitzt	Shaft end < 2 mm, slotted
Wendel-Potentiometer	Helical potentiometer
Werkstoff KER ...	Material: KER ...
Wid. Ω	Res. Ω
Widerstandstolerance	Resistance tolerance
Widerstandswert	Resistance

Translations for Code List (cont' d)

wie CMM	Same as CMM
Wiederstandsverlauf linear	Linear resistance characteristic
Zahl oder Buchstabe erscheint immer, wenn schraffiert; nicht immer, wenn gestrichelt	Shaded field: letter or figure always present; dashed field: not always present
Zahlen od. Buchstabe	Figures or letters
Zementierter Drahtdrehwiderstand	Cemented variable wire-wound resistor

Translations for Parts Lists

Anschlußkabel	Connecting cable
Df-Kondensator	Feed-through capacitor
Drehspul-Drehmesser	Moving-coil meter
Drossel	Choke
Elektrolyt-Kondensator Elko	Electrolytic capacitor
Gleichrichter	Rectifier
HF-Kippschalter	RF toggle switch
Instrumentwiderstand	Instrument resistor
Kletschkondensator	Bypass capacitor
MP-Kondensator	MP capacitor
Netzspannungsschalter	Power-switch assembly
Netztrafo (Gruppe)	Power transformer (assy.)
Papierkondensator	Paper capacitor
Rausch-Diode	Noise diode
Rauschgenerator	Noise generator
Schaltteilliste zu	Parts list of
Schicht-Drehwiderstand	Variable depos.-carbon resistor
Schichtwiderstand	Film resistor
Schmelzeinsatz	Fuse
SMP-Meßwiderstand	SMP precision termination
Spannungswähler	Tapping panel (Fuse strip)
Stahlakkumulator	Steel accumulator
Zwerggliimmlampe	Miniature glow lamp

Translations for Circuit Diagram

6,5 bezw. 8 bezw. 6,4 KT_o 33 bezw. 40 bezw. 32 KT_o bei 50 Ω bezw. 60 Ω bezw. 75 Ω	Range of indication: 8,9 or 8 dB and 15, 16 or 15 dB at the respective impedances of 50, 60 or 75 Ω.
Die Eintragung der elektrischen Werte von Bauelementen ist unverbindlich. Genaue Werte siehe Schaltteilliste.	No responsibility is accepted for errors in component values. Accurate values are given in the parts list.
Endausschl.	F.s.d.
hierzu Schaltteilliste	See parts list
K	C
Netz 115...235 V	AC supply 115 to 235 V
Nullstellung	Zero setting
Rauschgenerator	Noise generator
R_i	Z_{out}
Spannungswerte gemessen mit RV, $R_e \geq 10$ MΩ; z.B. URI Angabe der Meßwerte for 0 und 33, 40; 32 kT_o	Voltages measured with valve voltmeter; $Z_{in} \geq 10$ MΩ, e.g. Type URI The levels given in this circuit diagram apply to the respective indications of 0 and 15, 16 or 15 dB (depending on the impedance)
Stromlauf zu	Circuit diagram of
V~	V AC
V -	V DC
Zeichn. Nr.	Drawing No.

www.manualsplace.com
1003648